q.625.15
F92r

UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY

THE UNIVERSITY

OF ILLINOIS

LIBRARY

q625.15
F92r

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/rangieranlagenun00frol

Dr.-Ing. Frölich

Rangieranlagen

und ihre Bedeutung für den Eisenbahnbetrieb

unter besonderer Berücksichtigung
der Beziehungen zwischen Höhenplan,
Leistungsfähigkeit und
Wirtschaftlichkeit.

H 341

Im Buchhandel zu beziehen durch
C. W. Kreidels Verlag
Berlin W 9

9623.73
F92r

3 Mr 23

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung der Überlegung, daß die Rangiertechnik mit der bedeutenden Entwickelung des Rangierverkehrs nennenswerte Verbesserungen nicht erfahren hat: die Rangierbahnhöfe sind entsprechend dem Verkehrszuwachs größer geworden, aber im wesentlichen noch mit denselben Verfahren und technischen Einrichtungen wie zu Beginn der Verkehrsentwickelung. Darin braucht an und für sich noch kein Mangel zu liegen, wenn diese alten Einrichtungen bewährt und gut sind. Die Tatsache aber, daß ständig und namentlich neuerdings wieder ernsthafte Stimmen laut wurden, die den Rangierbahnhöfen die Verantwortung für die ungeheueren Beschädigungen an Fahrzeugen und Gütern zusprechen, ferner die Tatsache, daß die meisten Betriebsschwierigkeiten in dem Versagen der Rangieranlagen ihren Ursprung haben, zeigen, daß die Rangieranlagen nicht genügen. Das gilt vor allem auch hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit.

Zunächst wandte der Verfasser der vielerseits als mangelhaft empfundenen Hemmschuhbremsung sein Augenmerk zu mit dem Ziele, die Hemmschuhe zu verbessern oder durch geeignetere Bremsmittel zu ersetzen. Im Jahre 1910 begann er mit systematischen Versuchen an einer mit Schmalspurgleis hergestellten Versuchsanlage mit von ihm erdachten Bremseinrichtungen. Auf Grund dieser Arbeiteu gelang es ihm im Jahre 1912, die Firma Gewerkschaft Deutscher Kaiser zu weiteren Versuchen zu gewinnen, die im Jahre 1914 nach 7 Fehlkonstruktionen zu einer brauchbaren Lösung der Aufgabe führten. Die erste und zweite Bauart dieser endgültigen Lösung wurde im Jahre 1914 Vertretern der Staatsbahn vorgeführt, und im Jahre 1915 eine Gleisbremse dieser Bauart nach Genehmigung durch den Minister der öffentlichen Arbeiten in einen Verschiebebahnhof eingebaut. Trotz wiederholter günstiger Beurteilung dieser und anderer Anlagen auch seitens hoher Eisenbahnbeamten ist es den vereinten Bemühungen des Lieferwerkes und des Erfinders bisher nicht gelungen, eine Musteranlage bei den Staatsbahnen zu schaffen.

Dieser wenig ermutigende Mißerfolg als Ergebnis einer mehrjährigen Arbeit und erheblicher Kosten wurde dem Verfasser mittelbar ein Ansporn zu seinen weiteren Arbeiten, den logisch zwingenden Nachweis zu führen, daß seine Vorschläge eine wertvolle Verbesserung darstellen. Diese Arbeiten wuchsen sich dann immer mehr zu eingehenden Untersuchungen über die Grundbedingungen der Rangiertechnik aus und fanden schließlich ihren endgültigen Abschluß in der vorliegenden Abhandlung.

Sie stellt den Versuch dar, aus kontrollierbaren Tatsachen heraus Urteile über die Rangiertechnik aufzubauen, und ist ein Beispiel für die Anwendung wissenschaftlicher Grundsätze auf den praktischen Eisenbahnbetrieb. Wie die Schaffung von Rechenmethoden, und Hand in Hand damit die Gewinnung von Festigkeitszahlen den Brückenbau aus dem Gebiet des konstruktiven Gefühls auf den Boden der Tatsache überführt hat, so mußte auch für die vorliegenden Untersuchungen der Weg über Rechenmethoden und Widerstandswerte führen. Dadurch, daß es alsdann gelang, einen festen Maßstab für die Leistungsfähigkeit von Rangieranlagen zu gewinnen — entsprechend der Belastungsgrenze bei dem angezogenen Vergleich — war auch für die vorliegende Aufgabe die Vorbedingung erfüllt, aus Bau- und Betriebskosten und Leistungsfähigkeit Wirtschaftlichkeitsvergleiche zu ziehen.

Es ist zu hoffen, daß diese Untersuchungen die Grundlage werden für eine wissenschaftlichere und eingehendere Durchdringung desjenigen Sondergebietes des Eisenbahnwesens, das nach Ansicht des Verfassers technisch und wirtschaftlich bedeutende Verbesserungsmöglichkeiten bietet und zusammen mit der Zugförderung als die Grundlage des Eisenbahnwesens angesprochen werden muß. Wie Verfasser

507804

am Schluß dieser Abhandlung und in einer besonderen Schrift: „Die Reichseisenbahn, produktive Notstandsarbeiten und die Organisierung des wirtschaftlichen Wideraufbaus“ ausgeführt hat, sind die vorgeschlagenen Verbesserungen an Rangierbahnhöfen zu Notstandsarbeiten besonders geeignet und können zum Angriffspunkt werden für den wirtschaftlichen Wiederaufbau der Eisenbahn.

Leider kann sich Verfasser nicht restlos dieser Hoffnungen freuen, denn er erkennt zu klar die hemmenden Kräfte, die bei einem Verwaltungskörper von dem Umfang der Staatsbahnen wirksam sind und vielleicht sogar wirksam sein müssen: den Ressortpatriotismus und die Schwerfälligkeit, die z. B. mit der einen Hand Millionen jährlich an Beschädigungen von Fahrzeugen, Gütern ausgeben und mit der andern Hand die Kräfte zurückhalten, die mit den Mitteln der Technik Besserung bieten. Gewiß ist es durchaus nicht leicht, technischen Vorschlägen anzusehen, ob sie gut oder schlecht sind, und Zurückhaltung ist wegen der meist mit der Erprobung technischer Vorschläge verbundenen Kosten durchaus am Platz. Um so mehr müßte aber das technische Verständnis und die technische Verantwortlichkeit wach sein, und es in der kommenden Zeit mehr als je als eine schwere Unterlassungssünde empfunden werden, wenn mögliche Verbesserungen unterlassen bleiben, damit nicht der Staatsbeamte, der aus innerem Drang seine besten Fähigkeiten für die Verbesserung der Eisenbahntechnik aufwendet, einer sicheren Enttäuschung entgegen gehen muß und als unverbesserlicher Ideologe zum Gespött wird. Und dabei herrscht gerade in der jetzigen Krisis der Eisenbahn nach dem Zeugnis so manchen beredten Mundes und so mancher schreibgewandten Feder Einigkeit darüber, daß die Technik in erster Linie berufen sei, die Wirtschaftskrise zu überwinden und alle und vor allem die Fachleute aufgerufen seien, an diesem Ziele mitzuwirken. Allen diesen möchte Verfasser sagen: die Technik ist im Kern eine Gefühlswelt, und wer in ihr lebt, dem kann kein willkommener Ruf werden, als sich ordentlich darin auszuleben, und wer nicht in ihr lebt, wird nicht für den Ruf und nicht für die Sache Verständnis haben. Deswegen möge der Ruf nicht heißen: „Techniker heraus!“ sondern man möge einfach und schlicht denen, die ihr bestes bieten, Raum geben. Daran fehlt es.

Es ist dem Vefasser eine besondere Freude, bei dieser Gelegenheit allen denen Dank zu sagen, die ihn bei seinen Arbeiten gefördert haben, im besonderen Herrn Oberbaurat a. D. Siegle und den Herren von der Gewerkschaft Deutscher Kaiser: Herr Fritz Thyssen, den Herren Direktoren Sandmann und Kern, Herrn Prokuristen Wibbeke, Herrn Oberingenieur Partz und den Herren Ingenieuren Hornholz und Uhlich.

Häufig angewandte Bezeichnungen.

1. s Weg vom Beginn der freien Bewegung.
2. Δs Teilstrecke.
3. s_o Länge der Ablaufgruppe vom vorderen bis zum hinteren Puffer.
4. s_v Teillänge der Ablaufgruppe zwischen dem Ablaufpunkt und dem vorderen Puffer.
5. s_h Teillänge der Ablaufgruppe zwischen dem Ablaufpunkt und dem hinteren Puffer.
6. 1; ....m; n als Index bezeichnet den Punkt, für den die Hauptbezeichnung gilt; also s_m = Weg vom Beginn der freien Bewegung bis zum Punkt m.
7. 1,2; ....m,n als Indices bezeichnen die Punkte, z w i s c h e n denen die Hauptbezeichnung gilt; also $s_{m,n}$ = Weg zwischen den Punkten m und n.
8. v Geschwindigkeit.
9. v_{w_a} = Windgeschwindigkeit relativ zur Erde.
10. v_w = Windgeschwindigkeit relativ zum Fahrzeug.
11. ω = Gesamtwiderstand in kg/t.
12. w = Windwiderstand in kg/t.
13. φ = Laufwiderstand kg/t.
14. p = hemmende bezw. treibende Kraftwirkung der Schwungmassen der Räder bei Änderung der Geschwindigkeit in kg/t.
15. ρ = Krümmungswiderstand kg/t.
16. g = Beschleunigung des freien Falls m/sec^2.
17. H = Höhe des Schwerpunkts; bei einem Massenpunkt Profilhöhe.
18. h = Geschwindigkeitshöhe.
19. h = mit dem Index ω, w, p, ρ, φ, = Widerstandshöhe des im Index bezeichneten Widerstandes.

Literaturangaben.

1. Handbuch der Ingenieurwissenschaften 5, 1918.
2. Stockert: Das Eisenbahnmaschinenwesen, Berlin 1908.
3. Hoffmann: Versuche der Sächsischen Staatsbahn über Wagenwiderstände auf normalspurigem Gleis. Organ 1885, S. 174.
4. Barbier: Versuche über Zugwiderstände. Mémoires de la société des ingénieurs civils, 1867, S. 701.
5. Denninghoff: Zugwiderstände der Berliner Schnellbahn. Glasers Annalen, Band 58, 1906, S. 223.
6. Carus Wilson: Predetermination of train resistance. Proceedings of the institution of Civil Engineers London, 1918.
7. Cole: Train resistance. Railroad Age Gazette, 1909, S. 361, 411, 451, 503, 546.
8. Aspinall: Train Resistance. Minutes of Proceedings of the institution of Civil Engineers 147, 1901, S. 155.
9. Goß: Atmospheric resistance to the motion of railway trains. The Engineer, 1898, 86, II, S. 164.
10. Frank: Zugwiderstände. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1903, S. 460, 1907, S. 94.
11. Nipher: Atmospheric resistance. Engineer 1898, 85, S. 517.
12. Stucky: Train resistance Railroad Age Gazette, 1909, S. 982.
13. Wickhurst: Resistance of empty and loaded coal cares Railroad Gazette, 1899, S. 262.
14. Shurtleff: Train resistance formulae. Engineering News, 1907, 57, S. 622,
15. Allen: Influence of side Wind. Engineering 1907, 83, S. 457.
16. Fry: Train resistance Engineer, 1909, S. 310.
17. Schmidt: Freight Train resistance, its relation to average car weight. Iron Age 1910, Band 86, J, S. 448.
18. Cailletet et Collardeau: Expérience sur la résistance de l'air. Revue indépedante, 1903, Band 34, S. 337.
19. Mac Keen: Practical results of windresistance Economies. American Engineer and railroad journal, 1911, Band 85, S. 212.
20. Engesser: Zeichnerische Bestimmung der Ablaufgeschwindigkeiten und Ablaufzeiten bei Eselsrücken. Zentralblatt
21. Sammet: Über die bauliche Anlage, den Betrieb, die Leistungsfähigkeit und die Betriebskosten des Rangierbahnhofs Karlsruhe, 1912.
22. Sammet: Ablaufanlage auf Verschiebebahnhöfen für Eselsrückenbetrieb und für reinen Schwerkraftbetrieb. Organ 1912, S. 259, 397.
23. Ammann: Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen auf Verschiebebahnhöfen in ihrer Abhängigkeit von den Gefällverhältnissen. Dr. Ing.-Diss. 1911.
24. Ammann: Über die Leistungsfähigkeit von Ablaufanlagen auf Verschiebebahnhöfen. Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen, 1912, S. 661.
25. Cauer: Ablaufneigungen der Verschiebebahnhöfe. Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen, 1912, S. 275.
26. Blum: Die Anlage von Ablaufbergen auf Verschiebebahnhöfen. Verkehrstechnische Woche, 1909, Nr. 47.
27. Helm: Betriebspläne von Verschiebebahnhöfen, Braunschweig.
28. Leitzmann und v. Borries: Theoretisches Lehrbuch des Lokomotivbaues.

Inhaltsverzeichnis.

Kapitel I.

Grundbegriffe.

Seite

1. Haupt- und Nebenaufgaben der Verschiebebahnhöfe 1
2. Das Grundproblem 1
   a) als Bewegungsproblem.
   b) als Produktionsproblem.
3. Das Untersuchungsverfahren 2
   a) Isolierung des zu untersuchenden Vorgangs.
   b) Festlegung der Betriebshandlungen.
   c) Haupt- und Nebenbetriebshandlungen.
4. Zerlegung der Grundanordnung 3
   a) ihres Gleisplans.
   b) ihres Höhenplans.

Kapitel II.

Die auf die Bewegung des Fahrzeugs einwirkenden Kräfte und ihre Steuerung.

1. Die äußeren und inneren Bewegungskräfte 4
2. Die Steuerung der Kräfte 4
   a) der Lokomotiven.
   b) der Bremsmittel.
3. Die Bremsmittel 5
   a) Kritik.
   b) Beschreibung der wichtigsten Bremsmittel.
      α) der Bremskeil und seine Ausbildungsformen.
      β) die Bremsschienen.

Kapitel III.

Die rechnerischen Grundlagen für die Untersuchung von Ablaufvorgängen.

1. Merkmale der Ablaufprofile 15
2. Geschwindigkeitshöhenlinien — Gefällhöhenlinie
   a) eines Massenpunktes 15
   b) eine Ablaufgruppe 16
3. Zeitwegekurven und Pufferzeitabstandskurven
   a) für feste Ablaufpunkte 18
   b) für wechselnde 19
4. Einfluß der drehenden Schwungmassen ablaufender Fahrzeuge 20

Kapitel IV.

Bestimmung von Zahlenwerten für die Einschätzung von Wagenwiderständen.

1. Zerlegung der Gesamtwiderstände 22
2. Berechnung der Windwiderstände 22
   a) von Einzelfahrzeugen.
   b) von Fahrzeuggruppen.
3. Bestimmung der Gesamtwiderstände W durch Versuch 27
4. Einschätzung der Laufwiderstände aus den durch Versuch festgestellten Gesamtwiderständen (ω) unter Abzug der Windwiderstände (w) ($\varphi = \omega - w$) 28
5. Zusammenfassende Angaben für die Einschätzung von Widerständen ablaufender Fahrzeuge und Gruppen 31
6. Rechenschema 32
7. Weitere Angaben für die Einschätzung von Laufwiderständen 33
8. Anlaufwiderstände 35
9. Laufwiderstände von Kugellagerwagen 39

Kapitel V.

Ausbildung der Grundanordnung nach dem Gesichtspunkte der Leistungsfähigkeit.

Seite

1. Ableitung grundsätzlicher Forderungen für die Profilwahl und die Betriebsweise 40
   a) gruppenweises Zusammenfassen der ablaufenden Wagen 40
   b) Windschutz 42
   c) Verminderung der Störungen des Ablaufbetriebs infolge tiefer Temperatur 42
2. Rechnerische Untersuchung von Ablaufprofilen 43
   a) Gewährleistung genügender Lauffähigkeit der Fahrzeuge 45
      1. Richtlinien für die Messungen der Ablaufhöhe 45
      2. Fahrwege gleicher Laufwiderstände $(\varphi + \rho)$ 45
      3. Ablaufberge von verschiedener Ablaufhöhe (Sommer- und Winterberg) 45
      4. Wechselnde Ablaufhöhen auf ein und demselben Ablaufgleis 46
   b) Einfluß der Profilausbildung auf die Zeitfolge 46
      1. Bestimmung der zulässigen Zuführungsgeschwindigkeit mit Hilfe der Pufferzeitabstandskurven . . . 46
      2. Beeinflussung der maßgebenden konstanten Zuführungsgeschwindigkeit durch 47
         a) die Umstellzeiten der Weichen 47
         b) die Lage der Weichenzone (Zwischenhemmung, Ausgleichpuffer) 48
         c) die Ausbildung des Ablaufprofils 49
            α) die Zulaufstrecke 50
            β) des Ausrundungshalbmessers 50
            γ) des Ablaufpunktes 50
            ς) der Verteilstrecke 51
3. Die Veränderung der Zuführungsgeschwindigkeit in ihrer Abhängigkeit von 53
   a) der Beschleunigung bezw. Verzögerung des Zugrumpfes.
   b) der Schnelligkeit und Sicherheit der Befehlsübermittelung.
4. Das Sammeln in 54
   a) horizontalen Sammelgleisen.
   b) fallenden Sammelgleisen.
5. Die Beziehungen zwischen Profil und Bremsmitteln 57

Kapitel VI.

Ausbildung der Grundanordnung nach dem Gesichtspunkte der Kosten.

1. Begriff der Zeitbelastung 58
   a) Zeitfaktor 58
      unmittelbare Kosten, mittelbare Kosten, Verlust- und Wartezeiten.
   b) Einheitskosten 59
2. Berechnung der absoluten Kosten 59
3. Kostenvergleiche 59
   a) für eine einfache Teilhandlung 60
   b) für Gruppen von Betriebshandlungen auf Haupt- und Nebenablaufanlagen 61
      α) Zeitbedarf 61
      β) Bedarf an Personal und technischen Hilfsmitteln 64
      γ) Folgerungen aus den Kostenvergleichen nach dem Gesichtspunkte der Leistungsfähigkeit 67
         Betriebskosten 68

Kapitel VII.

Die Beziehungen der eigentlichen Ablaufanlagen (Grundanordnungen) zu einander und zu den übrigen Bahnhofsteilen.

1. Die Rangieraufgaben und die zu ihrer Bewältigung wichtigsten Bahnhofsteile 69
2. Richtlinien für die Gruppierung dieser Bahnhofsteile 70
3. Beispiel einer Musteranordnung 71
4. Kostenvergleich der Musteranordnung mit dem Rangierbahnhof Karlsruhe 72

Kapitel VIII.

Die Betriebsführung auf den Verschiebebahnhöfen und den angrenzenden Strecken und ihre technischen Vorbedingungen.

1. Die Betriebsführung auf dem Verschiebebahnhof 75
2. Ausbau der Betriebsführung auf den Verschiebebahnhöfen zur Betriebsleitung auf den anschließenden Strecken. 76
   a) Begründung einer größeren Selbständigkeit der Güterzugbetriebsleitung 76
   b) Zusammenfassung des Güterverkehrs in leistungsfähigen Verschiebebahnhöfen 77
   c) Elastische Anpassung der Zugförderung an den wechselnden Verkehr 78
   d) Mitwirkung der Verkehrstreibenden 79

Kapitel I.

Grundbegriffe.

Haupt- und Nebenaufgaben der Verschiebebahnhöfe.

Die Verschiebebahnhöfe sind zunächst, wie alle Bahnhöfe, Ausgangspunkte für die Handhabung des Betriebsdienstes der angrenzenden Strecken. Sie sind besonders dadurch gekennzeichnet, daß sie ausschließlich dem Güterverkehr und zwar im besonderen der Um- und Neubildung der Güterzüge dienen. Darüber hinaus erfüllen die meisten Verschiebebahnhöfe weitere Aufgaben, wie Abstellen von Zügen in verkehrsschwachen Zeiten, kürzeres Aufstellen von Zügen zur Entlastung der Strecken oder Vornahme von Reparaturen am rollenden Material, Umladungen, Reinigen von Viehwagen. Diese Verbindung der vorgenannten Aufgaben mit den Verschiebebahnhöfen ist keine zufällige. Sie erklärt sich daraus, daß in den Verschiebebahnhöfen der gesamte Güterverkehr zusammenläuft, und dort die vollkommensten Einrichtungen zur Entnahme oder zur Einstellung von Fahrzeugen aus dem fließenden Verkehr vorhanden sind, und daß andererseits der Grundsatz allgemeine Anerkennung gefunden hat, die Strecken und Streckenbahnhöfe weitgehendst von Betriebshandlungen zu entlasten, die nicht unbedingt dort vorgenommen werden müssen. Denn die Zeitbelastung einer Betriebshandlung — s. S. 60 — wird auf einem gut ausgerüsteten Verschiebebahnhof stets kleiner sein als auf der Strecke oder einem Streckenbahnhof. Daher wird man bei einer notleidenden Strecke zunächst sein Augenmerk darauf richten, Betriebshandlungen von der Strecke oder kleineren Streckenbahnhöfen in solche mit wirtschaftlichen Betriebseinrichtungen zu übernehmen, die wiederum um so wirtschaftlicher arbeiten können, je mehr Betriebshandlungen ihnen zugeteilt werden. Hierzu sind in erster Linie die Verschiebebahnhöfe berufen.

Diese Aufgaben müssen aber als Nebenaufgaben angesehen werden, die in möglichst zweckmäßiger Weise mit der Hauptaufgabe des Verschiebebahnhofs, der Um- und Neubildung von Güterzügen, verbunden werden müssen. Die Hauptaufgabe muß nach zwei Richtungen hin betrachtet werden: vom Standpunkt der Betriebsführung aus und vom Standpunkt der Rangiertechnik. Die erstere Betrachtung erstreckt sich vornehmlich auf den Gleisplan und im besonderen auf die Zahl der Gleise und ihrer Anknüpfung an die Hauptstrecken, die letztere vornehmlich auf den Höhenplan der den Rangierzwecken dienenden Gleise und ihrer Verbindung unter einander.

In den folgenden Untersuchungen der Kapitel II bis VI soll nur von letzterem, dem Rangierproblem, die Rede sein.

Das Grundproblem.

So verwickelt sich oft die Rangiertechnik eines Verschiebebahnhofs auf den ersten Blick ansieht — im allgemeinen nicht ein Lob für die Güte der Anlage — so ist sie im Grunde nichts anderes als die mehrfache Anwendung eines Grundproblems und seine Verknüpfung mit den eingangs als Nebenaufgaben bezeichneten Problemen. Dieses Grundproblem heißt: Beförderung eines auf Schienen rollenden Fahrzeugs aus einem Gleis durch Vorwärtsbewegung über Weichen in ein anderes Gleis.

Das Grundproblem ist, wie seine Formulierung zeigt, zunächst ein Bewegungsproblem; es muß aber auch als Produktionsproblem bezeichnet werden und lautet dann: ein unrangierter Zug — Rohprodukt — wird mit Hilfe einer im wesentlichen Kräfte in Bewegung der Fahrzeuge umsetzenden Einrichtung — Arbeitsmaschine — in eine gewollte Reihenfolge umgruppiert — Fertigprodukt.

Bei diesem Produktionsvorgang ist die Arbeitsmaschine das Produktionssubjekt, bestehend aus festen Teilen — den durch ihre gegenseitige Höhenlage gekennzeichneten Gleisen — und aus beweglichen Teilen — Einrichtungen zur Ausübung der auf die Fahrzeuge wirkenden Kräfte, die bewegungfördernd sein können (Lokomotiven) oder bewegunghemmend (Bremsen). Das Produktionsobjekt sind die Wagen und ihre Bewegungseigenschaften (Widerstände).

Für den jeweiligen Stand der Technik müssen die Bewegungseigenschaften der Wagen (Widerstände) und die treibende oder hemmende Kräfte ausübenden Einrichtungen — Lokomotiven und Bremsen — als *gegeben* angesehen werden, und der Entwurfsbearbeiter eines Verschiebebahnhofs muß sich im allgemeinen darauf beschränken, sich möglichst eingehend mit ihren Eigenschaften bekannt zu machen, um eine möglichst zweckmäßige Auswahl der anzuwendenden Einrichtungen zu treffen. Wie es einfache Maschinen mit geringem Wirkungsgrad gibt, die auch von minderbegabtem Personal sicher bedient werden, und komplizierte Maschinen mit hohem Wirkungsgrad, aber auch hohen Anforderungen an die Bedienung, so können auch die Rangieranlagen als einfache und auch als komplizierte Arbeitsmaschinen ausgebildet werden. Als Beispiel sei auf eine Anlage von hinter oder nebeneinander geschalteten Gleisbündeln in gleicher Ebene und auf die in Kapitel VII S. 72 beschriebene hochentwickelte Anlage verwiesen. Diesem Studium sind im folgenden die Kapitel II, III und IV gewidmet.

Die Gefällverhältnisse der Gleise jedoch sind die von ihm den jeweiligen Verhältnissen anzupassende *Veränderliche*, durch deren geschickte Wahl er das Betriebsoptimum zu erreichen sucht. Beurteilungsmaßstäbe sind ihm dabei die Betriebssicherheit, die Leistungsfähigkeit und die Kosten. In Kapitel V und VI sind besonders unter Zugrundelegung der beiden letzten Beurteilungsmaßstäbe allgemein gültige Untersuchungen angestellt, die dem Entwurfsbearbeiter teils fertige Anweisungen übermitteln, teils die Wege für seine besonderen Untersuchungen weisen.

Diese Betrachtungen zeigen, daß das Grundproblem in erster Linie als Produktionsproblem anzusprechen ist, das anerkanntermaßen für die Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit des gesamten Güterzugbetriebes von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Die Untersuchungsverfahren.

Wenn auch nicht verkannt wird, daß der zweckmäßige Ausbau des Gleisplans für die glückliche Lösung des Problems wichtig ist, muß festgestellt werden, daß bisher bei Entwurfsbearbeitungen der Höhenplan und die maschinelle Ausrüstung der Rangieranlagen der Verschiebebahnhöfe in unzulässigem Maße hinter dem Gleisplan zurückgetreten sind. In der Praxis begnügte man sich meist, „nach bewährtem Muster" Höhenplan und Betriebsweise festzusetzen. Die wissenschaftlichen Untersuchungen krankten zunächst durchweg an der mangelhaften Erkenntnis der Bewegungswiderstände der Fahrzeuge und an der geringen Stellungnahme zur technischen Weiterentwickelung der die Bewegungskräfte auslösenden Apparate. Auf diesen Mangel anregend hinzuweisen, ist ein Hauptzweck dieser Arbeit. Ferner krankten sie an einer ungenügenden Isolierung des zu beurteilenden Vorgangs, von den ihn beeinflussenden, ihm vorangehenden oder nachfolgenden. Wie der Praktiker am Ablaufberg den Gesamtvorgang des Wagenablaufs seinem Werturteil, z. B. über die Ablaufhöhe oder die Anfangsneigung, zugrunde legt, hat man aus dem Vergleich von Leistungen ganzer Verschubbahnhöfe Rückschlüsse, z. B. auf Neigungsverhältnisse, Ablaufhöhen, gezogen, kurz auf einzelne aus der Reihe der Faktoren, die alle zu dem Leistungsergebnis beigetragen haben. Der von Cauer und Ammann beschrittene Weg der Isolierung des zu untersuchenden Vorgangs ist in den vorliegenden Untersuchungen weiter verfolgt worden, nachdem die Vorbedingung dazu, die theoretische Darstellung der Bewegungsvorgänge auf Grund der gefundenen Widerstandswerte, erfüllt war.

Dieser Weg führte zunächst zu einer eingehenden Zerlegung des das Grundproblem darstellenden Gesamtvorgangs in die einzelnen Vorgänge, im folgenden Betriebshandlungen genannt:

1. Bereitstellen der Rangierabteilung im Zerlegungsgleis (Überführung in das Zerlegungsgleis);

2. Vorbereitung der Zerlegung;
   a) Untersuchung der Wagen, der Bezettelung und der Papiere,
   b) Ausrüstung der Rangierabteilung mit der bewegenden Kraft (z. B. Beifahren der Drucklokomotive);
3. Zuführung bis zum Ablaufpunkt;
4. Zerlegung (z. B. Ablauf der Wagen vom Ablaufpunkt bis in die Sammelgleise);
5. Kuppeln der Wagen in den Sammelgleisen;
6. Ausziehen der Wagen aus den Sammelgleisen.

Solche Betriebshandlungen, die notwendig nacheinander erfolgen müssen, sollen Hauptbetriebshandlungen, solche die zeitlich an keine Bedingung geknüpft sind, aber auch gleichzeitig mit anderen stattfinden können, Nebenbetriebshandlungen heißen. Die Zerlegung ist z. B. stets eine Hauptbetriebshandlung. Die Hauptbetriebshandlungen sind in erster Linie für den Zeitbedarf der Gesamtbetriebshandlung und somit für die Leistungsfähigkeit der betreffenden Anlage maßgabend. Daraus folgt, daß die technischen Einrichtungen und der Betrieb unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit so durchzubilden sind, daß möglichst viele Betriebshandlungen Nebenbetriebshandlungen sind oder in Zeiten starken Verkehrs zu Nebenbetriebshandlungen gemacht werden können.

Zerlegung der Grundanordnung.

Da sich diese Einzelbetriebshandlungen auf ganz bestimmten Teilen der Gesamtanlage abspielen, führt ihre gesonderte Untersuchung ferner dazu, die einzelnen Teile der Gesamtanlage möglichst unabhängig voneinander zu betrachten, so daß in derartige Einzeluntersuchungen oft nur sehr eng begrenzte Teilanlagen hineingezogen werden. Die dem Grundproblem entsprechende Anlage — im folgenden Grundanordnung genannt — beschränkt sich ohnehin schon auf ein Zerlegungsgleis, daran anschließend eine Gleisharfe von Sammelgleisen, die wiederum mit einem Ausziehgleis verbunden ist. Dabei ist es grundsätzlich gleich, ob sich die Untersuchung auf eine Haupt- oder Nebenablaufanlage erstreckt. Der Höhenplan dieser Grundanordnung zerfällt in die unabhängigen Teilstrecken:

1. die Zuführungsstrecke bis zum Ablaufpunkt;
2. die Verteilstrecke, vom Ablaufpunkt bis hinter die letzte Verteilweiche;
3. die Aufstellstrecke von der letzten Verteilweiche bis zur ersten Sammelweiche;
4. die Vereinigungsstrecke von der ersten Sammelweiche bis zum Ausziehgleis;
5. die Ausziehstrecke, umfassend das Ausziehgleis vom Polizeipfahl ab.

Die Teilstrecken sind unabhängig voneinander insofern, als jede Teilstrecke ihren besonderen Aufgaben angepaßt werden muß. Infolgedessen können die Ausbildung der Teilstrecken und ihre Zusammenstellung zu Gesamtanordnungen ebenso mannigfaltig sein, wie ihre Aufgaben selbst verschieden sind. Der Zweck der folgenden Untersuchungen ist demgemäß, die Gesichtspunkte für die zweckmäßigste Ausbildung der Teilstrecken aus diesen Aufgaben heraus zu entwickeln und dann zu zeigen, auf welchem Wege daraus brauchbare Gesamtanordnungen entstehen können.

Kapitel II.

Die auf die Bewegung der Fahrzeuge einwirkenden Kräfte und ihre Steuerung.

Die äußeren und inneren Bewegungskräfte.

Von den auf die Bewegung der Fahrzeuge einwirkenden Kräften sollen die durch die Bewegung erzeugten Widerstandskräfte in den folgenden Kapiteln III und IV besprochen werden. Die übrigen Kräfte können entweder solche sein, die von außen auf das Fahrzeug in der Richtung der zu erzielenden Bewegung einwirken (Lokomotivkraft) oder solche, die dem Fahrzeug innewohnen (Schwerkraftskomponente in Richtung der Bewegung, lebendige Kraft). Die Auslösung der ersteren geschieht durch die Kraftquelle selbst, die hierzu mit dem Fahrzeug in materielle Verbindung gebracht werden muß, die der letzteren durch Veränderung der der Bewegungsrichtnng des Fahrzeugs entgegenwirkenden Hemmungskräfte.

In dieser verschiedenen Steuerung der Kräfte liegt ihr gewaltiger praktischer Unterschied.

Um das zu erkennen, muß auf die Steuerung der, kurz gesagt, äußeren bezw. inneren Kräfte näher eingegangen werden.

Die Steuerung der Kräfte.

Die Steuerung der äußeren Kräfte — praktisch kommen für diese Untersuchungen nur Lokomotiven in Frage — umfaßt die Auftragserteilung zur Vornahme der Betriebshandlung und die Überführung der Lokomotive an das zu bewegende Fahrzeug.

In den wenigsten Fällen ist die Lokomotive auf Grund eines allgemeinen Auftrags — z. B. Dienstanweisung — in der Lage, die Betriebshandlung aus sich vorzunehmen. Die Regel ist, daß sie den Auftrag des Rangierdienstleiters abwartet, dessen schriftliche, telephonische, mündliche oder optische Entgegennahme häufig zeitraubend ist und besondere Fahrten notwendig macht. Die Ausführung des Auftrags erfordert die Überführung der Lokomotive an das Fahrzeug, häufig sehr erschwert und verzögert durch Besetztsein von Gleisen, Abwarten von Kreuzungen und dergleichen. Weitere Zeitverluste entstehen dadurch, daß meist nur eine, höchstens zwei Lokomotiven für eine Betriebshandlung zur Verfügung sind, und die Betriebshandlungen infolgedessen aufeinander warten müssen, bis die Lokomotive wieder zur Verfügung steht. Die Steuerung der äußeren Kräfte kennzeichnet sich somit durch die Umständlichkeit der Auftragsübermittelung und die Nachteile, die daran geknüpft sind, daß die Kraftwirkungen an die Lokomotiven gebunden sind, die für ihre Bewegung Gleise beanspruchen und dadurch die Bewegung der Fahrzeuge selbst behindern oder von ihnen behindert werden. Der Grund für die weitgehende Verwendung äußerer Bewegungskräfte im Rangierdienst liegt wohl darin, daß die Gleisanlagen im wesentlichen horizontal liegen und die Lokomotiven als fertiges technisches Hilfsmittel für den Erbauer von Rangieranlagen zur Verfügung standen.

Die Steuerung der inneren Kräfte, d. h. der die inneren Kräfte hemmenden Bremskräfte, umfaßt ebenfalls die Auftragserteilung und die Ausführung des Auftrags. Die technischen Hilfsmittel zur Ausübung der Bremskräfte werden — wie im folgenden genauer ausgeführt — entweder mit Hand ausgelöst (Wagenbremse, Hemmschuhe, Gleisvorlage) oder ferngesteuert (ferngesteuerte Gleisbremsen). Die Auftragserteilung durch den Rangierdienstleiter erfolgt demgemäß bei ersteren mittelbar optisch, telephonisch, mündlich oder schriftlich, wobei die Entgegennahme des Auftrags durch die leichtere Beweglichkeit und größere Zahl der Bremsbedienungsmannschaften begünstigt wird, bei letzteren unmittelbar durch den Rangierdienstleiter selbst oder seine Hilfskraft. Die Ausführung des Auftrags erfordert bei den ersteren häufig auch die Überführung des

technischen Hilfsmittels an das Fahrzeug, jedenfalls aber des Bremsbedienenden selbst. Der Überführung der Lokomotive gegenüber hat diese Handhabung den Vorteil der größeren Zahl und der leichteren Beweglichkeit der Personen und technischen Hilfsmittel und der Unabhängigkeit vom Gleis. Bei den fernbedienten Bremsmitteln fällt auch diese Überführung weg. Es besteht nur die Schwierigkeit, sie so durchzubilden und den Betrieb so einzurichten, daß mit einer möglichst geringen Zahl von Gleisbremsen die Bremsarbeit getan werden kann.

Die Anwendung der inneren Bewegungskräfte im Rangierdienst hat somit der Anwendung von äußeren Kräften gegenüber infolge ihrer besseren Steuerbarkeit im wesentlichen folgende Vorteile:

1. Ersparnis an Gleis, da die Lokomotivfahrten wegfallen;
2. schnellere Auftragserteilung;
3. schnellere Ausführung des Auftrags.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit sei auf Kapitel VI verwiesen.

Fragt man sich, weswegen von diesen Vorteilen nicht mehr Gebrauch gemacht wird, so ist der Grund in den großen Gefällhöhen bisheriger Schwerkraftsanlagen — Kapitel V S. 57 — und in der Unzulänglichkeit der bisher verwandten Bremsmittel zu suchen.

Es ist daher die Verbesserung der Bremsmittel von ausschlaggebender Bedeutung für eine durchgreifende Verbesserung der Rangiertechnik.

Die Bremsmittel.

Wenn man von den Wagenbremsen absieht, kommen als Bremsmittel für den Rangierdienst praktisch nur in Frage der Bremskeil und die Bremsschiene in ihren verschiedenen Ausbildungsformen. Der Bremskeil erhöht den Bewegungswiderstand des Wagens durch Erzeugung einer zusätzlichen Reibung am Umfang des Laufrades, entweder unter Einwirkung des Raddruckes — in der folgenden Darstellung Punkte a bis c — oder unter der Einwirkung einer äußeren Kraft — Punkt d. Die Bremsschiene erzeugt die Reibung an den Seitenflächen der Räder — Punkt e.

Die aus dem Prinzip des Bremskeils entwickelten Bremsmittel sind grundsätzlich nur handbedienbar, da die Einrichtung ihrer Fernbedienbarkeit eine derartige Gewichtsvergrößerung des Bremskeils zur Folge hat, daß die Auflaufstöße des Fahrzeugs auf die Bremse unzulässig stark werden. Allenfalls bei kleineren Laufgeschwindigkeiten kann ihre Fernbedienbarkeit erzielt werden. (Siehe Seite 6 und Kapitel V Seite 58.)

Die Bremsschienenbremsen sind grundsätzlich fernbedienbar. Bei ihnen treten Stöße infolge von Massenbeschleunigungen nicht auf. Sie können daher bei beliebigen Geschwindigkeiten angewandt werden, während Bremskeile z. B. Hemmschuhe infolge ihrer notwendig plötzlich zu Beginn der Bremsung auftretenden Massenbeschleunigung nur bei Laufgeschwindigkeiten bis höchstens 7 m/sec anwendbar sind. Endlich wirken die Bremsschienen auf sämtliche Räder, während die Bremskeile nur auf das vom Keil erfaßte Rad des zu bremsenden Rangierganges wirken.

Die fernsteuerbaren Bremsmittel sind notwendig örtlich gebunden, die handbedienten können auch örtlich ungebunden sein. Da die Fahrzeuge meist nicht an der Stelle des örtlich gebundenen Bremsmittels zum Halten gebracht werden sollen, ist an diese Bremsmittel in erhöhtem Maße die Anforderung zu stellen, daß das Bremsmaß dem jeweiligen Bremsbedürfnis sicher und leicht angepaßt werden kann.

Die folgenden Darstellungen sollen einen kurzen Überblick über die praktisch verwendbaren Bremsmittel geben. Der Bremsknüppel als ein nur bei geringen Geschwindigkeiten anwendbares, gefährliches und unsicher wirkendes Bremsmittel ist aus der Betrachtung ausgeschieden worden; ebenfalls solche Konstruktionen, die praktisch nicht erprobt und nach Ansicht des Verfassers unbrauchbar sind.

a) Hemmschuh und Doppelhemmschuh*) — wegen der Beschreibung sei auf die in der Fußnote angegebenen Veröffentlichungen verwiesen — sind eine brauchbare Lösung der Konstruktionsaufgabe, mit einem nicht mit dem Wagen verbundenen Bremsmittel den Wagen zum Halten zu bringen und in dieser Haltlage festzuhalten. Sie sind unbrauchbar, so bald das

*) Organ 1894 S. 208; 1896 S. 19; 1897 S. 35.

Gefälle so stark ist, daß das Fahrzeug nach erfolgter Bremsung nicht von selbst rückwärts wieder von der Hemmschuhzunge herunterrollt.

b) Um den Hemmschuh auch für die Fälle verwenden zu können, in denen nur eine Geschwindigkeitsverminderung erzielt werden soll, hat man im Gleise Vorrichtungen getroffen, die den Hemmschuh abwerfen, so daß von dem Augenblick an der Wagen frei weiterläuft. Die bekannteste Bauform ist die Gleisbremse von Büssing-Sigle und Andreovits.*)

Die Anwendung des Hemmschuhes ist damit an diese Vorrichtung gebunden. Eine brauchbare, fernbedienbare Hemmschuhgleisbremse ist bisher noch nicht gebaut worden; eine brauchbare Bauform ist aus dem eingangs erwähnten Gründen auch nicht zu erwarten, wenigstens nicht für eine Verwendung als geschwindigkeitsregelnde Bremse, um so weniger, als alle diese Konstruktionen belastet sind mit den Mängeln, die mit dem Bremskeil notwendig verbunden sind, und von denen einige grundsätzliche auf S. 5 schon dargetan sind. Im einzelnen soll zur Beurteilung der Hemmschuhbremsung noch auf folgendes hingewiesen werden.

Die Bremswirkung muß vor Beginn der Bremsung eingeschätzt werden und ist dann jeder weiteren Beeinflussung entzogen. Da aber die Reibungsverhältnisse aus häufig nicht erkennbaren Gründen sehr verschieden sind, ist diese Voreinschätzung nur in unzulänglichem Umfang möglich und wird noch weiter erschwert dadurch, daß nur immer die erste Achse eines Fahrzeuges oder einer Fahrzeuggruppe gebremst wird, das Verhältnis dieses Bremsgewichtes zum Gesamtwagengewicht aber, das für die Bremswirkung von ausschlaggebender Bedeutung ist, nur schwer einschätzbar ist.

Bei ungünstigem Verhältnis des Bremsgewichts zum Gesamtgewicht ist namentlich bei schmierigen Schienen mit einer ausreichenden Bremswirkung der Hemmschuhe nicht mehr zu rechnen; deshalb ist bei Gruppen von mehr als 6 Achsen die Bedienung der Fahrzeugbremse vorgeschrieben. Anderseits kann bei trockenen oder gar sandigen Schienen die Bremswirkung derart stark sein, daß sie zusammen mit dem unvermeidbaren Auflaufstoß zu Beschädigungen an Fahrzeug und Ladung führt. Ein gänzliches Versagen ist oft die Folge fehlerhaften Auflegens der Hemmschuhe oder schadhafter Hemmschuhe. Durch schlechte Gleise, breitgefahrene Schienenköpfe, lockere Stöße, werden die Hemmschuhe gelegentlich festgeklemmt, und die Fahrzeuge dadurch zur Entgleisung gebracht. Daher müssen Gleise, in denen Hemmschuhe benutzt werden, gut unterhalten werden um so mehr, als sie durch Bremsstöße stark leiden.

Die Handhabung der Hemmschuhe stellt an die Kräfte der Hemmschuhleger oft derartig hohe Anforderungen, daß in besonderen Fällen, selbst bei gutem Willen, die Bremsbedienung ordnungsmäßig nicht möglich ist. So erfordert jede Bedienung auch bei Gleisbremsen das Heranschleppen des Hemmschuhes um im Durchschnitt mindestens Bremsweglänge. In den Richtungsgleisen sind diese Wege aber infolge der verschiedenen Besetzung der Gleise erheblich länger. Die Folge davon ist, namentlich bei kurzer Zeitfolge, hastiges, gefahrvolles Herumrennen zwischen den Gleisen, falsche Bemessung des Bremsweges mit den sich daraus ergebenden Folgen der Lückenbildung oder Zusammenstöße. Infolge dieser aufreibenden Arbeitsbedingungen und der dem Hemmschuhleger zum Bewußtsein kommenden Unvollkommenheit seines Werkzeugs tritt allzuleicht eine gewisse Abgestumpftheit bei ihm ein. Zwar wird er versuchen, die Zusammenstöße zu verhindern, läßt dafür aber um so mehr Lücken entstehen; oft genug hält er auch bei leeren Richtungsgleisen die Wagen aus Bequemlichkeit schon im vorderen Teil derselben an, um sich weite Wege zu ersparen. Die Folge davon ist, daß die Gleise zuerst in ihrem vorderen Teil besetzt werden und dann eine besondere Lokomotive jedesmal beifahren muß, um die Wagen in den hinteren Teil durchzudrücken.

c) Die Vorlegebremse**) ist auch ein Bremskeil. Sie erzeugt ihren Bremswiderstand im wesentlichen durch eine vom Bremsbedientesten aus-

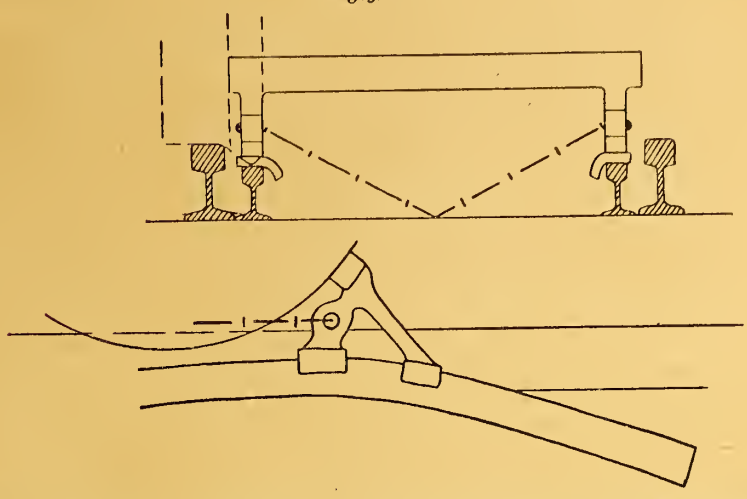
*) Organ 1898, S. 185, 228; 1899, S. 35, 104; Handbuch der Ingenieurwissenschaften Teil V, 1917, S. 69 und 70.

**) Organ 1896, S. 288; Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Teil V, Band 4, 1907, Seite 66.

geübte äußere Kraft, mit der das Bremsstühlchen an das Rad angepreßt wird. Sie ist demnach handbedient und gestattet eine beliebige Anwendung des Bremsmaßes. Sie wäre ein ausgezeichnetes Bremsmittel, wenn sie nicht für die Bedienungsmannschaften in der Handhabung zu schwer und bei größeren Wagengeschwindigkeiten zu gefährlich wäre. Sie kann nur beiGeschwindigkeiten bis zu 4 m/sec in Anwendung kommen.

d) Zum Festhalten der mit geringen Geschwindigkeiten rollenden Wagen, z. B. in fallenden Ordnungsgleisen, kommt der Bremskeil in

Fig. 1.



folgenden Bauarten in Betracht, die eine Fernbedienung des Bremskeiles ermöglichen, und bei denen die Bremswirkung durch einen Seilzug gesteuert wird. Dadurch wird bei geringem Personalbedarf das wahlweise Abrollen der Wagen aus den verschiedenen Ordnungsgleisen und damit ein schnelles Zusammenstellen der nach Gruppen zu ordnenden Züge ermöglicht. (Vergl. S. 55 und Tabelle 19).

Die einfachste Bauweise ist der in Fig. 1 dargestellte, auf innenseits der Fahrgleise angeordneten Hülfsgleisen laufende Doppelhemmschuh, der sich gegen die Spurkränze anpreßt und von diesen auf den abwärts gebogenen Enden der Hilfsschienen hinabgedrückt wird.

Für namentlich von Lokomotiven wenig befahrene Gleise ist eine Anordnung praktisch erprobt worden, bei welcher der Doppelhemmschuh auf den Laufschienen läuft und am Ende des Bremsweges in eine Lücke des Gleises hinein gedrückt wird, die für gewöhnlich durch ein pendelndes Paßstück geschlossen ist.

Fig. 2.

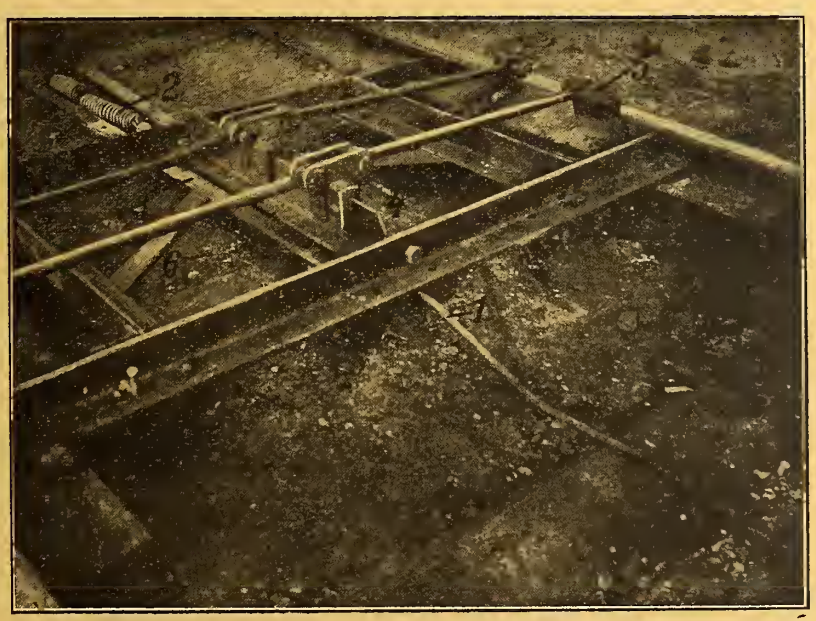
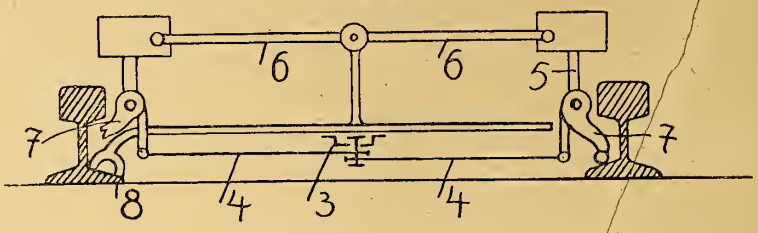


Fig. 2 gibt das Lichtbild einer anderen Anordnung, bei der das Ende des Bremsweges nicht festliegt, sondern durch Verringerung der Seilspannung beliebig gewählt werden kann. Wie aus beiliegender Prinzipskizze (Fig. 3) ersichtlich, ist ein auf den inneren Schienenfüßen gleitender Schlitten Träger der mit dem Seil 1 einerseits und der Feder 2 andererseits

verbundenen Gleitführung 3 und der Spreizen 4, die mit ihren freien Enden gelenkig mit dem oberen Teilkörper 5 des Hemmschuhes verbunden sind. Dieser Teilkörper ist durch die Stützen 6 gegen den Schlitten abgestützt und ruht gelenkig auf dem unteren Teilkörper 7, der wiederum im Schlittenfuß 8 gelenkig lagert. Durch Anziehung des Seils werden entgegen der Federspannung die Spreizen 4 auseinander gepreßt und die Teilkörper

Fig. 3.



5 und 7 aufgerichtet, durch Nachlassen des Seilzuges zieht der Federzug die Spreizen zusammen und legt dadurch die Teilkörper um.

Eine andere Bauart ist in Fig. 4 dargestellt. Hier erfolgt die Überführung des Bremskeils in und aus Bereitschaft durch horizontale Bewegung. Mit einem auf den inneren Schienenfüßen gleitenden Schlitten sind federnd und gelenkig 2 Schwingen verbunden, die an ihren anderen Enden die Bremskeile tragen. Die Schwingen stehen einerseits unter der Einwirkung einer Feder, andererseits unter der des Seilzugs. Ist letztere größer als erstere, so schwingen die Keile in Bereitschaft und werden in dieser Stellung gesperrt; ist erstere größer als letztere, so wird die Sperrung gelöst und die Keile schwingen aus.

Dem Vorteil der größeren örtlichen Ungebundenheit steht den in Fig. 2 bis 4 dargelegten Bauformen der Nachteil größerer Kompliziertheit gegenüber.

Fig. 4.

e) Die bisher bekannten Gleisbremsen mit Bremsschienen stimmen darin überein, daß die Bremsschienen, die entweder nur einseitig innen*) oder beidseitig innen, oder, wie bei der verbesserten Gleisbremse von Loose**), innen und außen an den Laufschienen angeordnet sind, durch eine wagerechte Bewegung in die Umgrenzung des lichten Raumes in Bereitschaft geführt werden, und daß die Bremskraft durch Andrücken der Bremsschienen entweder mit äußerer Hebekraft gegen die Räder, oder durch die Räder gegen Federn erzeugt wird. Durch Veränderung dieser Gegenkraft, die bei der Gleisbremse von Loose durch einen Kolben in einem Zylinder mit Flüssigkeit erzielt wird, kann die Bremswirkung beliebig abgestuft werden. Die Versuche zeigten, daß zur Erzielung einer nennenswerten Bremswirkung erhebliche Druckkräfte aufgewandt werden mußten, die häufig zu Entgleisungen führten, da sie unabhängig vom Gewichte des Fahrzeuges erzeugt wurden.

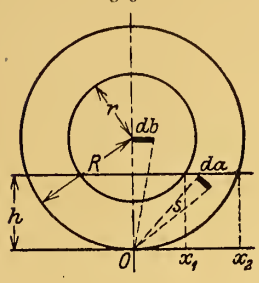
Die Kleinheit der Wirkung versuchte man durch die von Schmutz und Öl an den inneren Seiten der Radreifen entstehende Minderung der Reibung zu erklären.†) Der Hauptgrund dürfte aber aus folgender Überlegung hervorgehen. Maßgebend für die Bremswirkung ist der Bremsdruck und der Bremsweg, der von den Flächenteilchen der Radseitenflächen zurückgelegt wird, die jeweils mit den Bremsschienen in

*) Organ 1912, S. 330.
**) Zentralblatt der Bauverwaltung 1912, S. 337.
†) Organ 1909, S. 278; 1910, S. 95, 115, 309.

Berührung sind. Diese Flächenteilchen bewegen sich in Zykloiden, ändern also je nach ihrer Höhenlage über Schienenoberkante das Verhältnis ihres Weges zu dem in der gleichen Zeit zurückgelegten Wege der Achse.

Streng genommen würden beispielsweise die in Höhe der Schienenoberkante, also im Berührungspunkte des Rades und der Schiene von einer gedachten Bremsschiene berührten Flächenteile auch bei stärkstem Bremsdrucke überhaupt keine Bremswirkung hervorrufen, da ihre Geschwindigkeit O ist.

Fig. 5.



Ein in der Bremsfläche der Höhe h über Schienenoberkante befindlicher Flächenteil bewegt sich (Fig. 5) bei der unendlich kleinen Bewegung db der Achse auf einem Kreisbogen mit dem Halbmesser s um den augenblicklichen Berührungspunkt O des Rades und der Schiene, und zwar ist

$$da : db = s : R = \sqrt{x^2 + y^2} : R,$$

wenn O als Koordinatenanfangspunkt angegeben wird.

Dasselbe gilt für alle in der Bremsfläche liegenden Flächenteile des Radkranzes. Daher ist das mittlere Verhältnis ihres Weges zu dem der Achse

$$\frac{da}{db} = v = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{x^2 + y^2}\, dx : R\,(x_2 - x_1),$$

worin

$$x_1 = \sqrt{r^2 - (R - h)^2},\ x_2 = \sqrt{2Rh - h^2} \text{ ist}$$

Die Integration ergibt:

$$v = \left[x\sqrt{h^2 + x^2} + h^2 \ln\left(x + \sqrt{h^2 + x^2}\right) \right]_{x_1}^{x_2} : 2R \cdot (x_2 - x_1).$$

Nimmt man in Anlehnung an die Musterzeichnungen

$$R = 50 \text{ cm},\ r = 43 \text{ cm},$$

so erhält man für

$$h = 25 \text{ mm} \qquad v = 0{,}172$$
$$h = 100 \text{ mm} \qquad v = 0{,}5.$$

Das heißt in einer Bremsfläche, die im Mittel 25 mm über Schienenoberkante liegt, sind die wirklichen Bremswege, und damit bei gleichem Bremsdrucke, die Bremsarbeiten $0{,}5 : 0{,}172 = 2{,}9$ mal kleiner, als bei 100 mm Höhe der Bremsfläche über Schienenoberkante.

Wenn nun die in Ruhe außerhalb der Umrißlinie liegenden Bremsschienen durch wagrechte Bewegung in die Bremsstellung geschoben werden, so liegt ihre mittlere Bremsfläche nur etwa 25 mm über Schienenoberkante. Zur Erhöhung der Wirkung ist daher die Bremsfläche höher zu legen, und zwar um so viel als die Umgrenzung der Fahrzeuge zuläßt. Da 116,3 der T. V. bestimmt: „Unter 130 mm über Schienenoberkannte dürfen selbst bei niedrigstem Pufferstande, abgesehen von den Rädern, nur die durch die Radreifen gedeckten Teile, die Sicherheitsketten und Kuppelungen herabreichen . . . . .", so können die Bremsschienen während des Bremsens mit ihren Oberkanten unbedenklich bis etwa 120 mm über Schienenoberkante ragen. Daraus folgt, daß sie, um aus der Ruhelage in die Bremsbereitschaft zu gelangen, eine im wesentlichen lotrechte Bewegung ausführen müssen.

Es würde keine Schwierigkeit machen, die Wirksamkeit der Bremsschienenbremsen weiterhin dadurch zu verbessern, daß beim Bau der Fahrzeuge das Maß von 130 mm erhöht würde. Die Maßnahme hätte aber nur dann Zweck, wenn das neue Maß für alle Fahrzeuge bindend wäre.

Nach diesen Überlegungen entstand die im Textabb. 6, 7 und 8 dargestellte Gleisbremse Frölich. Längs jeder Laufschiene sind zwei Bremsschienen 1 und 2 angeordnet. 1 ist in Abständen bis zu 3 m fest mit Schlitten verbunden, die gleitend auf den durch die äußere Kraft P lotrecht bewegten Tragbalken ruhen. 2 schwingt auf Stützhebeln um die Innengelenke der Schlitten. P hebt die Tragbalken und damit die Bremsschienen aus der profilfreien Ruhestellung außerhalb der Umgrenzung (Textabb. 7), in Bereitschaft (Textabb. 6 und 8 gestrichelt). Die Radkränze des in die Bremse einfahrenden Fahrzeuges laufen auf die Füße des Bremsschienen 2 auf. Dann schwingen die Bremsschienen 2 um die Gelenkpunkte der Schlitten

(Textabb. 6 und 8 ausgezogen), und zwar wird der Tragbalken um das Maß Δh in die ausgezogene Stellung gesenkt, wenn die vom Radkranze

Fig. 6.

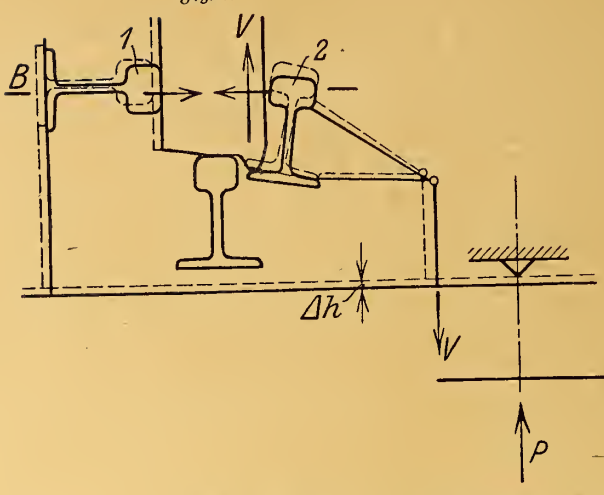
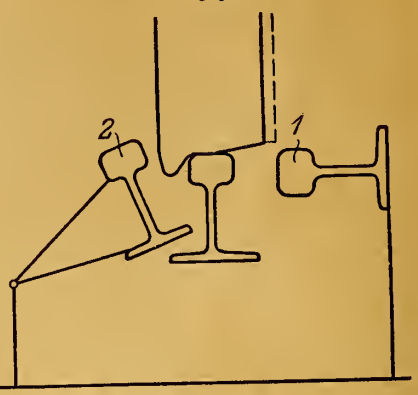


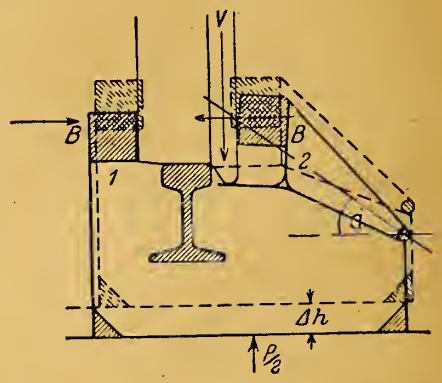
Fig. 7.



auf den Fuß der Bremsschiene 2 ausgeübte lotrechte Kraft $V > P/2$, oder, das Fahrzeug um dasselbe Maß gehoben, wenn $V \leqq P : 2$ ist. In diesem Falle wird die Kraft $P - 2V$ von einer Sperre des Hubes des Tragbalkens aufgenommen. Daher ist die Kraft, mit der der Schlitten durch den Tragbalken nach oben gepreßt wird, stets $\leqq$ Raddruck. Der Bremsdruck B hängt von der Größe dieses Gegendruckes $P/2$ ab und ist, wenn man mit α die Neigung des Stützendrucks bezeichnet,

$$B = P/2 \operatorname{ctg} \alpha.$$

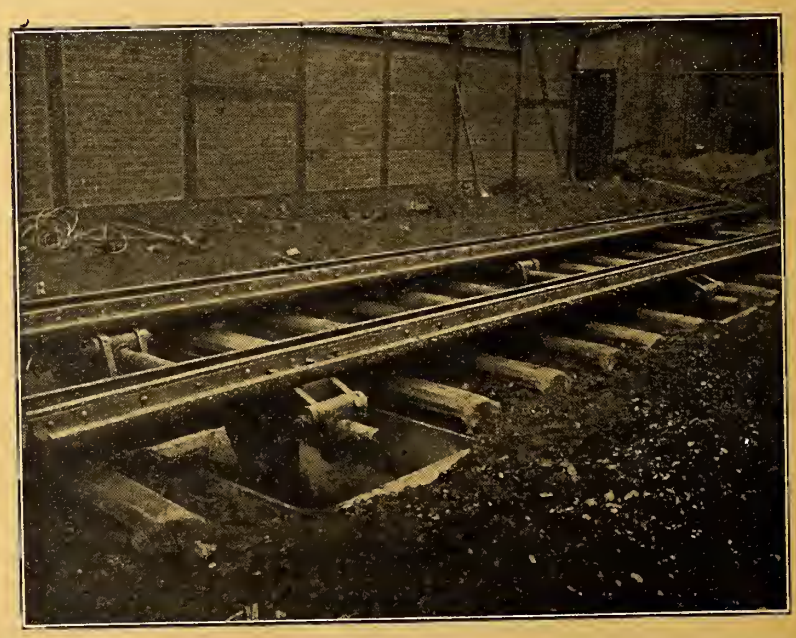
Fig. 8.



Daraus folgt, daß:

1. die Bremswirkung durch die Steuerkraft P beliebig eingestellt und verändert werden kann, und auch bei beliebiger Überspannung von P einen vom Gewichte des Fahrzeuges abhängenden Höchstwert nicht übersteigt;
2. Entgleisungen als Folge der Klemmwirkung unmöglich sind, da sich der Spurkranz mit beginnendem Steigen des Rades vom Fuße der Bremsschiene 2 abhebt und dadurch V und $B = 0$ werden;
3. die Klemmwirkung und damit die Schärfe der Bremsung durch die Wahl von α konstruktiv beeinflußt werden kann.

Fig. 9.



Unregelmäßigkeiten der Abstände der Innenflächen der Räder gleichen sich durch Einspielen der Gleitschlitten, Verschiedenheiten der Raddicken durch die lotrechte Bewegung der Tragbalken aus.

Aus praktischen Erwägungen wird man α so wählen, daß die mittleer maximale Bremswirkung etwa 100 ‰ des Wagengewichts beträgt.. Alsdann ist die Länge der Gleisbremse so zu bemessen, daß bei dieser Bremswirkung die größten notwendigen Bremsleistungen erzielt werden können.

Fig. 10.

Je nach der Aufgabe, die sie zu erfüllen hat, wird man sowohl die Gleisbremse selbst als auch vor allem ihren Antrieb verschiedenartig ausbilden.

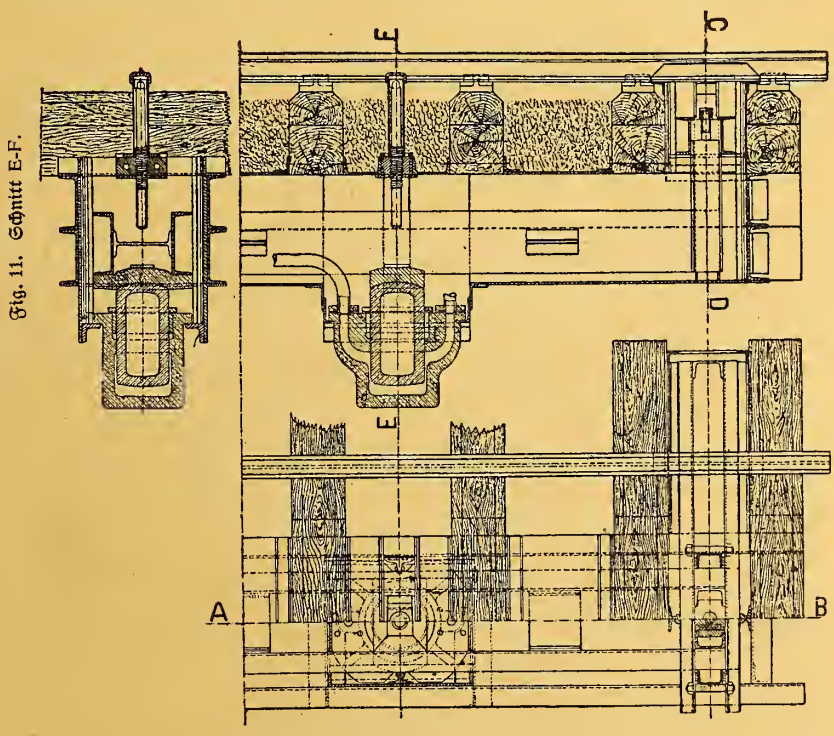


Fig. 11. Schnitt E-F.

Fig. 12. Schnitt A-B.

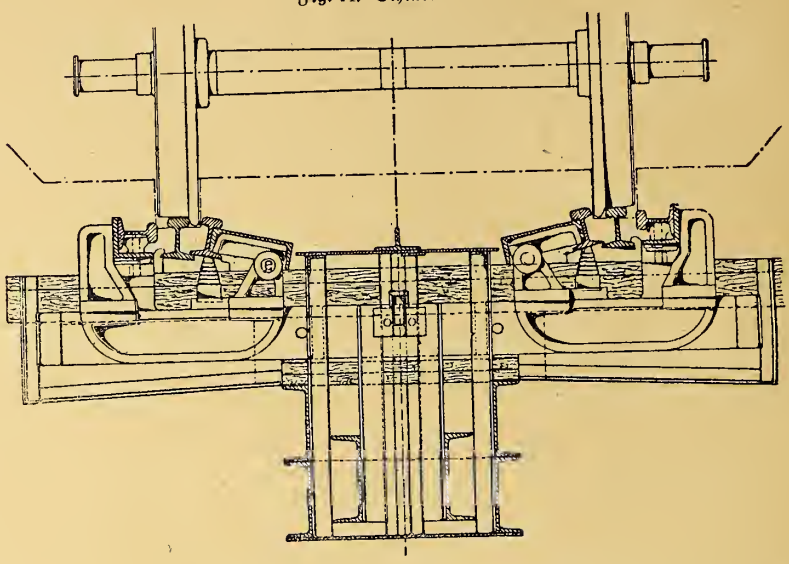
Fig. 13. Grundriß.

Fig. 9 und 10 stellen eine Ausbildungsform dar, bei der die Schlitten excentrisch auf Wellen gelagert sind, die quer zum Laufgleis in 2 bis 3 m Abstand angeordnet sind und in federnd an den Laufgleisen befestigten Lagern laufen. Durch Drehung der Wellen werden die Bremsschienen gehoben und gesenkt.

Fig. 11 bis 15 stellen eine andere Ausbildungsform dar, bei der die Schlitten auf Tragbalken ruhen, die hydraulisch gehoben und gesenkt werden. Sie ist bei weitem die wichtigere; daher soll noch kurz auf ihren Antrieb eingegangen werden.

Für Gleisbremsen, die nur die Aufgabe haben, die Geschwindigkeit von Fahrzeugen zu vermindern z. B. für Talbremsen hinter Steilrampen (Vorbremsen), die die Abbremsung überschüssiger Wuchten bezwecken, hat der Antrieb nur die Aufgabe zu erfüllen, daß die Bremswirkung jederzeit unterbrochen werden kann; hierbei ist nicht notwendig, daß während der Bremsung die Bremsstärke beliebig verstärkt oder geschwächt werden kann. Anders ist es bei Haltebremsen, z. B. vor oder hinter dem Ablaufpunkt — vergl. Kap. V S. 44 —, bei denen unter dem Fahrzeug die Bremsstärke beliebig verändert werden muß. Weiter kann für die Konstruktion des

Fig. 14. Schnitt C-D.

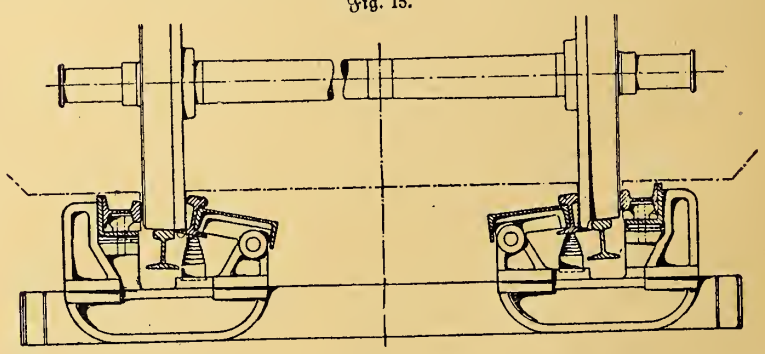


Antriebes von Wichtigkeit sein, ob nur eine Gleisbremse vorhanden ist oder ob mehrere Gleisbremsen von einer Kraftquelle aus betrieben werden können.

1. Für reine Geschwindigkeitsbremsen — also z. B. Talbremsen — empfiehlt sich der Gewichtsakkumulator, an den die Gleisbremse durch ein einfaches Steuerventil angeschlossen ist, umsomehr, als meist mehrere Geschwindigkeitsbremsen innerhalb der Bremszone notwendig werden, die dann sämtlich an den Akkumulator angeschlossen werden.

2. Wenn Haltebremsen und Geschwindigkeitsbremsen so liegen, daß sie eine gemeinsame Kraftquelle benutzen können, kann ebenfalls die Verwendug eines Gewichtsakkumulators jedoch mit Zwischenschaltung eines

Fig. 15.



Differentialkolbens zwischen Steuerventil und Haltebremse zweckmäßig sein. Fig. 16 stellt eine derartige Anlage dar. Der Akkumulator G wird von einer elektrisch betriebenen Pumpe gespeist, die bei gefülltem Gewichtsspeicher selbsttätig ausgeschaltet und bei leerem selbsttätig eingeschaltet wird.

In der Stellung II des Steuerventils fließt das Preßwasser aus dem Preßwasserspeicher durch das Steuerventil 2 und die Bohrung des Differentialkolbens in die Bremszylinder und hebt die Bremse in Bereitschaftsstellung. Die Druckverminderung nach Einfahrt des Fahrzeuges in die Bremse erfolgt durch Heben des Steuerhebels in die Stellung I; dadurch öffnet sich das Auslaßventil 1. Das rückströmende Wasser schließt das Rückschlagventil im Differentialkolben, so daß dieser sich hebt. Mit Schließen des Ventils 1 hört die Druckverminderung auf, und das Rückschlagventil im Differentialkolben schließt sich, da sofort in Folge der Differentialwirkung der spezifische Wasserdruck oberhalb des Rückschlagventils kleiner wird als unterhalb. Soll nunmehr für dieselbe Bremsung

eine Drucksteigerung eintreten, so öffnet der Wärter mit dem Handhebel wiederum Ventil 2. Da nunmehr das Rückschlagventil geschlossen ist, erzeugt der Wasserdruck des Speichers auf die große Kolbenfläche des Differentialkolbens wirkend in der Bremsleitung einen um das Verhältnis der Kolbenquerschnitte vervielfältigten Druck. Sollen die Bremsschienen gänzlich gesenkt werden, so steigt nach Öffnen des Ventils 1 der Differentialkolben bis das Rückschlagventil gegen den Zylinderdeckel anstößt, sich öffnet und nunmehr dem ausströmenden Wasser den Durchfluß frei gibt. Der Bremsdruck wird somit vom Fahrzeuge selbst erzeugt und kann beliebig vermindert oder vermehrt werden.

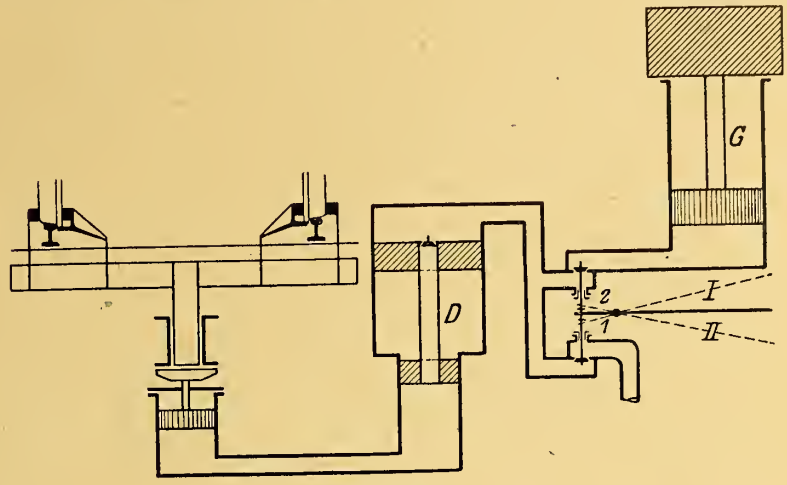


Fig. 16.

3. Für die Haltebremsen kommt, wenn nur eine einzige Gleisbremse im Bahnhof vorhanden ist, der Einzelantrieb in Frage.

Fig. 17 stellt eine derartige Anordnung dar. Die Hohlkolben P der Gleisbremse stehen mit einem Hauptdruckzylinder H unmittelbar in Verbindung, in dem der Druckkolben K mit Hilfe eines elektrisch betriebenen Vorgeleges bewegt wird. Dieses wird durch die Magnetkuppelung M in gleicher oder entgegengesetzter Drehrichtung mit der Kraftwelle des Motors gekuppelt. Zu Beginn des Ablaufgeschäfts wird der Motor vom Bremswärter eingeschaltet. Durch Steuerung des Kuppelstroms wird der Kolben K in den Hauptzylinder H hineingetrieben oder herausgezogen, wodurch die Bremsschienen in Bereitschaftsstellung gehoben bezw. die Bremswirkung verstärkt oder die Bremsschienen gesenkt bezw. die Bremswirkung geschwächt werden.

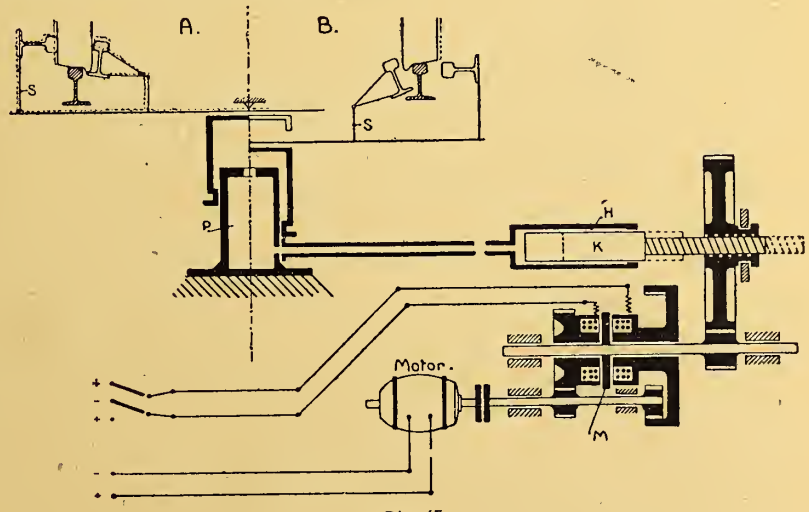


Fig. 17.

Der Kraftverbrauch ist im wesentlichen bestimmt durch die Aufwendung für das Heben der Bremsschienen aus der Ruhelage in die Bereitschaftslage und die Verstärkung der Bremskräfte, da die Bremskraft selbst durch das Gewicht der zu bremsenden Fahrzeuge erzeugt wird. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen ist daher bei Verwendung von Kraftspeichern der Speicherdruck nur für das Heben der Bremsschienen zu bemessen und die Druckerhöhung zur Steigerung der Bremswirkung während der Bremsung durch besondere Einrichtungen wie unter 2 und 4 dargelegt, zu bewirken. Die Hebung aus der Ruhelage in die Bereitschaftslage beträgt etwa 13 cm,

das Nachheben nach erfolgter Bremsung 2 bis 5 cm. Da die beweglichen Teile der Gleisbremse pro lfdm. 500 kg wiegen, erfordert jede Bremsung an Nachheben höchstens 25 mkg pro lfdm., dazu einen entsprechenden Anteil an der Hebung aus der Ruhelage, der davon abhängt, wie oft die Gleisbremse zur Durchfahrt einer Lokomotive abgelassen werden muß, im allgemeinen aber verschwindend sein dürfte.

4. Können mehrere Haltebremsen an einen Antrieb angeschlossen werden, so kann eine Kombination des Einzelantriebs mit dem Gewichtsantrieb eine zweckmäßige Lösung ergeben, die dadurch gekennzeichnet ist, daß der Gewichtskolben des Kraftspeichers gesperrt werden kann, bis die nächsten Kolbenschläge der Pumpe die gewünschte Drucksteigerung hervorgerufen haben. Der Motor läuft während der Dauer des Verschubgeschäfts durch und ist entweder mit der Pumpe magnetisch oder fest gekuppelt; im letzteren Falle nimmt man bei der Pumpe einen Leerkreislauf in Kauf. Die Anordnung ermöglicht eine Drucksteigerung bei Verwendung gewöhnlicher Steuerventile.

Wenn im vorigen auch ein scharfer Unterschied zwischen Geschwindigkeitsbremse und Haltebremse gemacht ist, so ist klar, daß jede Haltebremse auch ohne weiteres eine Geschwindigkeitsbremse ist, und der Unterschied im wesentlichen nur deswegen gemacht wurde, weil die Geschwindigkeitsbremse einen einfacheren und daher billigeren Antrieb zuläßt. Andererseits zeigen die Ausführungen die Notwendigkeit, für jeden Fall der Anwendung die zweckmäßigste Lösung zu suchen.

Kapitel III.

Die rechnerischen Grundlagen für die Untersuchung von Ablaufvorgängen.

Merkmale der Ablaufprofile

Ein Ablaufprofil ist gekennzeichnet durch
die Ablaufhöhe
die Zulaufstrecke
die Ablaufstrecke.

Zwischen beiden letzten liegt der Ablaufpunkt, an dem die gebundene Bewegung des Zulaufs in die freie des Ablaufs übergeht.

Der Ablaufpunkt ist fest, wenn die daran angrenzende Zulaufstrecke teilweise oder ganz in einer Steigung liegt oder in einem Gefälle, das kleiner ist als der Widerstand der Fahrzeuge; er ist beweglich oder wechselnd, wenn die Zulaufsstrecke in einem Gefälle liegt, die größer ist als der Widerstand des Fahrzeuges.

Die Ablaufhöhe bedingt die Laufweiten und damit die Zeitverluste für das Nachdrücken und Zusammenstellen der Züge in den Richtungsgleisen,

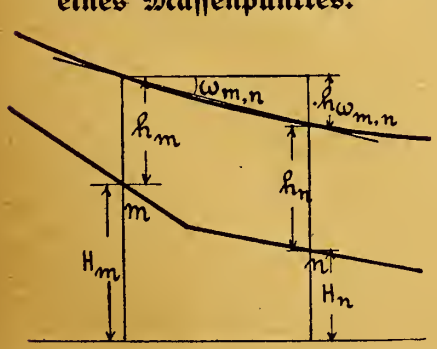
die Zulaufstrecke die Zeitverluste für die Vorbereitung einer neuer Zugzerlegung,

die Ablaufstrecke die Zeitfolge der ablaufenden Wagen.

Die Wahl dieser drei Kennzeichen ist in weitem Maße unabhängig von einander und richtet sich ausschließlich nach den Gesichtspunkten der Betriebssicherheit, der Leistungsfähigkeit und der Betriebskosten.

Die übliche Einteilung der Ablaufanlagen in solche mit Gegenneigung und solche mit durchgehendem Gefälle ist eine willkürliche Beschränkung, die ihre historische Erklärung darin hat, daß in der Tat die ersten Ablaufanlagen meist aus Gründen der Ersparnis an Baukosten entweder solche in horizontalem Gelände mit Eselsrücken oder solche in geneigtem Gelände mit durchgehendem Gefälle waren. Tatsächlich sind neuerdings erstere mit geneigten Richtungsgleisen und letztere mit Gegenneigung gebaut worden. Diese beiden Klassenbezeichnungen können daher nur als Bezeichnung zweier Grenzbauarten Geltung haben.

Geschwindigkeitshöhenlinien eines Massenpunktes.



Bei der Annahme, daß für die in Frage kommenden Winkelgrößen die Werte für sinus und tangens übereinstimmen, gilt für einen Massenpunkt von der Masse m für jeden Punkt seiner Bahn die Arbeitsgleichung.

$$\frac{1}{2} m v_m^2 + H_m \cdot m \cdot g = \frac{1}{2} m v_n^2 + H_n \cdot m \cdot g + \sum_{sm}^{sn} m \cdot g \cdot \frac{\omega \cdot \Delta s}{1000}$$

oder da

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{2} m v_m^2 &= m \cdot g \cdot h_m \\ \frac{1}{2} m v_n^2 &= m \cdot g \cdot h_n \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad \text{I}$$

$$\sum_{sm}^{sn} m \cdot g \frac{\omega \cdot \Delta s}{1000} = m \cdot g\, h_{\omega_{m,n}} \quad \text{II}$$

so ist

$$h_m + H_m = h_n + H_n - h_{\omega_{m,n}} \quad \text{III}$$

Gleichung I lehrt den Bewegungszustand eines Massenpunkes durch diejenige Höhe zu kennzeichnen, die ihm als Fallhöhe dieselbe Geschwindigkeit erteilen würde, die er hat. Sie heißt daher Geschwindigkeitshöhe, die Verbindungslinie sämtlicher Geschwindigkeitshöhen eines Bewegungsvorganges Geschwindigkeitshöhenlinie. h_m drückt das Arbeitsvermögen der Bewegung, H_m das der Lage, $h_m + H_m$ das Gesamtarbeitsvermögen der Masseneinheit am Punkte m aus. $h_m + H_m$ ist die Gefällhöhe am Punkte m, die Verbindungslinie der Gefällhöhen eines Bewegungsvorganges ist die

Gefällhöhenlinie. Gleichung III besagt somit, daß die Widerstandshöhe zwischen 2 Punkten gleich dem Gefällhöhenverlust zwischen diesen beiden Punkten ist.

Sind die Geschwindigkeitshöhen h_n und h_m bekannt, so läßt sich für das gegebene Profil daraus $h_{\omega_{m,n}}$ und mittels Gleichung II ω berechnen. Unter der Annahme, daß ω zwischen den Punkten m und n konstant bleibt, ist,

$$\omega_{m,n} = \frac{1000}{s_{m,n}} \cdot h_{\omega_{m,n}}$$

Zeichnerisch ergibt sich $\omega_{m,n}$ durch die Neigung der Geschwindigkeitshöhenlinie zur Horizontalen zwischen den Punkten n und m.

Ist ω und h_m bekannt, so errechnet sich aus denselben Gleichungen für ein gegebenes Profil

$$h_n = h_m + (H_m - H_n) - h_{\omega_{m,n}}.$$

Zeichnerisch findet man in diesem Falle h_n, wenn man durch h_m eine Gerade mit der Neigung ω zieht; diese schneidet über n die Geschwindigkeitshöhe h_n ab.

Geschwindigkeitshöhenlinien einer Ablaufgruppe.

Für gleichmäßiges Gefälle stimmen diese Geschwindigkeitshöhen eines Massenpunktes mit denen einer Ablaufgruppe von gleichem Widerstand und beliebiger Entfernung der äußersten Radachsen überein, nicht aber bei gebrochenem Gefälle, da, solange der Ablauf sich auf einem Neigungsknick befindet, ein Schieben bezw. Schleppen der Ablaufgruppe stattfindet, je nachdem der Knickwinkel einspringt oder ausspringt. Wie aus Anlage 5, Fig. g, h, i ersichtlich, sind diese Unterschiede für die Beurteilung der Ablaufzeiten von großer Bedeutung.

In Anbetracht der Verschiedenheiten der Achsstände und Achsbelastungen werde die Geschwindigkeitshöhe für ein rollendes Band mit gleichmäßiger Belastung p pro lfdm und von der Länge s_o entsprechend der äußersten Pufferentfernung der zu untersuchenden Ablaufgruppe festgestellt. Sind α und β die Neigungswinkel in der Laufrichtung vor und hinter dem Gefällwechsel, und setzt man

$$\alpha - \omega = \alpha'$$
$$\beta - \omega = \beta',$$

so ist nach Anlage 1 Fig. a die schiebende Schwerkraftsresultante:

$$R = s_v \cdot p \frac{\beta'}{1000} + s_h p \frac{\alpha'}{1000}$$

oder da $s_v = s_o - s_h$

$$R = p \left[s_o \frac{\beta'}{1000} + s_h \frac{\alpha' - \beta'}{1000} \right]$$

Befindet sich der vordere Puffer über dem Knickpunkt, so habe der Ablauf die Geschwindigkeit v_o.

Befindet sich der hintere Puffer über dem Knickpunkt, so habe der Ablauf die Geschwindigkeit v_h.

In diesem Bewegungszustand hat eine Ablaufgruppe von der Masse m eine Bewegungsenergie

$$\tfrac{1}{2} m v_h^2 = \tfrac{1}{2} m v_o^2 + \int_o^{s_o} R ds \quad \ldots \text{IVa}$$

Ein Massepunkt von derselben Masse habe am Knickpunkt dieselbe Geschwindigkeit v_o. Ist am Ende eines Weges s seine Geschwindigkeit v_s, so hat er in diesem Augenblick eine Bewegungsenergie

$$\tfrac{1}{2} m v_s^2 = \tfrac{1}{2} m v_o^2 + m \cdot g \cdot s \frac{\beta'}{1000} \quad \ldots \text{IVb}$$

Setzt man $v_s = v_h$, dann ist aus Gleichung IVa und IVb

$$m \cdot g \cdot s \frac{\beta'}{1000} = \int_o^{s_o} R ds \quad \ldots \ldots \text{V},$$

wobei s diejenige Laufstrecke des Massenpunktes ist, an deren Ende dieser dieselbe Geschwindigkeit hat wie ein Ablauf von derselben Anfangsgeschwindigkeit v_o in dem Augenblicke, wo die letzte Achse über dem Knickpunkt steht.

Setzt man den Wert von R aus Gleichung III in Gleichung V ein, so erhält man

$$m \cdot g \cdot s \frac{\beta'}{1000} = p \left[\frac{\alpha' - \beta'}{1000} \int_o^{s_o} s_h \cdot ds + s_o \frac{\beta'}{1000} \int_o^{s_o} ds \right] \quad \text{VI}$$

oder

$$s = \frac{s_o}{2} \frac{\alpha' + \beta'}{\beta'} \quad \text{VII}$$

Bei ausspringendem Knickwinkel und negativem α ist R zunächst negativ, d. h. der Ablauf muß durch eine äußere Kraft geschoben werden. Demgemäß ist die Bewegung des Ablaufs erst frei, wenn

$$R = O.$$

Dann ist gemäß Gleichung III der Abstand des hinteren Puffers vom Knickpunkt

$$s_h' = - s_o \frac{\beta'}{\alpha' - \beta'} \quad \text{VIII}$$

Dementsprechend wird

$$m \cdot g \cdot s \frac{\beta'}{1000} = \int_o^{s_h'} R \cdot ds \quad \text{V a}$$

und

$$m \cdot g \cdot s \frac{\beta'}{1000} = p \left[\frac{\alpha' - \beta'}{1000} \int_o^{s_h'} s_h \cdot ds + s_o \frac{\beta'}{1000} \int_o^{s_h'} ds \right] \quad \text{VI a}$$

oder

$$s = - \frac{1}{2} s_o \frac{\beta'}{\alpha' - \beta'} = \frac{s_h'}{2} \quad \text{VII a}$$

Die Geschwindigkeitshöhen sind in ein und demselben Augenblick der Bewegung für alle Teile des Ablaufs dieselben. Man erhält aber, je nachdem man sie für die vorderen Puffer, oder den Schwerpunkt oder irgend einen anderen Teil der Ablaufgruppe aufträgt, verschiedene Geschwindigkeitshöhenlinien. Falls kein besonderer Zusatz gemacht ist, soll im Folgenden unter Geschwindigkeitshöhenlinie allgemein die der vorderen Puffer verstanden werden.

Bei der Konstruktion der Gefällhöhenlinie ist das Arbeitsvermögen der Lage durch die Höhe H_m des Schwerpunktes gekennzeichnet, die aber nur solange reine Profilhöhe ist, als die Ablaufgruppe sich in der Geraden befindet. Steht sie auf einem Gefällwechsel, so muß die jeweilige Lage des Schwerpunktes besonders bestimmt werden, z. B. mittels der von Engesser angegebenen Methode*). Dieses H_m ist für ein und denselben Augenblick der Bewegung für alle Punkte der Ablaufgruppe dasselbe, ebenso wie das zugehörige h_m und kann für irgend einen Punkt der Ablaufgruppe aufgetragen werden. Zweckmäßig wird es für den Schwerpunkt aufgetragen. Die so entwickelte Gefällhöhenlinie heißt im weiteren schlechtweg Gefällhöhenlinie..

Es läßt sich also die Gefällhöhenlinie aus der Geschwindigkeitshöhenlinie und umgekehrt entwickeln. Anlage 1 und 5 zeigen einige Beispiele. Gemäß Gleichung III stellt die Gefällhöhenlinie zugleich den Verlauf der Widerstandshöhen dar und gestattet daher aus den Widerständen die Gefällhöhen und aus diesen die Geschwindigkeitshöhen abzuleiten.

In Anlage 1 ist für 3 Beispiele aus dem als bekannt angenommenen Verlauf des Gesamtwiderstandes einer Ablaufgruppe, dargestellt durch deren Gefällhöhenlinie, die Geschwindigkeitshöhenlinie abgeleitet worden.

Figur a Anlage 1.

Ein Ablauf von der Länge $s_o = 24$ m bewege sich mit einer z. B. durch Bremsen erzwungenen Anfangsgeschwindigkeit $v_o = 0{,}6$ m/sec auf dem in Anlage 1 Fig. a dargestellten Profil. Zwischen den Gefällwechselpunkten 1 und 2 habe er einen Gesamtwiderstand von $\omega = 8\,‰$, vorher $5\,‰$, nachher $6\,‰$. Der freie Ablauf beginne, z. B. durch Lösen der Bremsen, in dem Augenblick, wo der vordere Puffer den Gefällwechsel 1 erreicht.

Dann hat der Wagenzug und somit auch der vordere Puffer nach Zurücklegung des Weges s_o gemäß Gleichung VII dieselbe Geschwindigkeit, wie ein Massenpunkt nach Zurücklegung des Weges

$$s = \frac{s_o}{2} \cdot \frac{\alpha' + \beta'}{\beta'}$$

$$= \frac{24}{2} \frac{(20 - 5) + (40 - 8)}{(40 - 8)} = 17{,}62 \text{ m}$$

*) Zentralblatt der Bauverwaltung 1912, S. 378.

Das Maß h_1', um das die Geschwindigkeitshöhe des Wagenzuges bei Station s_o kleiner ist als die Geschwindigkeitshöhe des Massenpunktes in der Entfernung s_o vom Gefällwechsel, ist der Geschwindigkeitshöhenverlust infolge der schleppenden Achsen. Zwischen dem Gefällwechsel 1 und Station s_o verläuft die Geschwindigkeitshöhenlinie so, daß sie tangential in die anschließenden Geschwindigkeitshöhenlinien übergeht. Den praktischen Anforderungen dürfte die Annahme eines gradlinigen Übergangs genügen.

Vom Punkte s_o an verläuft die Geschwindigkeitshöhenlinie wieder gemäß Gleichung III, bis der vordere Puffer den Gefällwechsel 2 erreicht. Nach Gleichung VII ist alsdann

$$s = \frac{24}{2}\,\frac{(40-8)+(0-6)}{(0-6)} = -52\text{ m}$$

d. h. befindet sich der hintere Puffer des Ablaufs auf dem Gefällwechsel 2, so hat er dieselbe Geschwindigkeitshöhe wie der Massenpunkt in der Entfernung — 52 m vom Gefällwechsel 2. Auch hier stellt h_2' die Korrektur der Geschwindigkeitshöhenlinie dar, die im weiteren gemäß Gleichung III verläuft.

Figur b. Anlage 1.

Ist unter gleichen Umständen α' der Zulaufstrecke negativ, etwa

$$\alpha = -20\,{}^0/_{00}$$

so tritt der freie Ablauf gemäß Gleichung VIII erst ein bei

$$s_h' = -24\,\frac{40-8}{(-20-5)-(40-8)} = 13{,}49\text{ m}.$$

Nach Gleichung VIIa erreicht ein Massenpunkt am Ende des Weges $s = s_h'/_2$ dieselbe Geschwindigkeitshöhe wie die Ablaufgruppe nach dem Wege s_h'. Alsdann verläuft die Bewegung bis zum nächsten Gefällwechsel gemäß Gleichung III.

Figur c. Anlage 1.

Ist die Entfernung der Gefällwechsel kleiner als s_o, so erhält man die Gesamtkorrektur für beide Gefällwechsel, indem man die Korrektur für jeden Gefällwechsel getrennt bestimmt. In der Anlage 1 Figur c ist dieser Fall behandelt, und zwar ist die Brechpunktausrundung von 300 m Radius durch die einbeschriebenen Sehnen ersetzt. Die den Scheitelpunkt mit dem Berührungspunkt des Ausrundungskreises verbindende Sehne hat stets die halbe Neigung des Anschlußgefälles; die dadurch gebildeten Knickpunkte haben eine horizontale Entfernung gleich dem mit dem Neigungsverhältnis des Anschlußgefälles multiplizierten Ausrundungsradius.

Die Geschwindigkeitshöhenlinien geben somit für jeden Punkt der Bahn die zugehörige Geschwindigkeit des vorderen Puffers an und legen dadurch eindeutig die Laufzeit des vorderen Puffers fest. Die Gefällhöhenlinien geben entsprechend das jeweilige Gesamtarbeitsvermögen an. Die Gefällhöhen ergänzen sich mit ihrer zugehörigen Widerstandshöhe stets zur konstanten Gesamtablaufhöhe und sind maßgebend für die Laufweite. Da die Widerstandshöhenlinien nach überschläglich leicht übersehbaren Gesetzen verlaufen, stellen daher die Gefällhöhenlinien den zunächstliegenden und einfachsten mathematischen Ausdruck eines Ablaufvorgangs dar.

Zeitwegekurven für feste Ablaufpunkte.

Zum Zwecke der Laufzeitbestimmung müssen die Gefällhöhenlinien nach vorigem zu Geschwindigkeitshöhenlinien umgeformt werden, aus denen sich die Laufzeiten nach der Gleichung

$$t = \int \frac{1}{v}\cdot ds$$

oder da

$$v = \sqrt{2\,g\,h},\quad t = \int \frac{1}{\sqrt{2\,g\,h}}\,ds$$

berechnen. Von der Darstellung der v — oder $\frac{1}{v}$ — Linien kann im allgemeinen abgesehen werden. Es genüge hier der Hinweis auf die Abhandlung Engessers im Zentralblatt der Bauverwaltung 1912. Die Auswertung des Integrals

$$t = \int \frac{1}{\sqrt{2\,g\,h}}\,ds$$

erfolgt durch die Flächenberechnung nach dem Sehnen- oder Tangentensatz mit Hilfe der Anlage 2, in der für die Werte

$$v = 0{,}25 \text{ m/sec bis } v = 9 \text{ m/sec}$$

die zugehörigen Werte $h, \frac{1}{v}, \frac{1}{2\,v}$ ausgerechnet sind.

Es ist darauf zu achten, daß namentlich bei kleinen Geschwindigkeiten die Flächenelemente nicht zu groß, die Δs jedenfalls nicht größer als 10 m gewählt werden. Trägt man die Laufzeiten t_m als Ordinaten zu den zugehörigen Laufweiten s_m als Abszissen auf, so erhält man die Zeitwegekurve. Sind sie aus den Geschwindigkeitshöhenlinien der vorderen Puffer abgeleitet, so beziehen sie sich ebenfalls auf die Laufzeiten der vorderen Puffer, und sollen im folgenden schlechthin Zeitwegekurven genannt werden.

In Anlage 5, Fig. g, h, i, sind Zeitwegekurven für Gruppen von 2 und 8 Wagen abgeleitet, die zugleich veranschaulichen, welchen Einfluß die Gefällwechsel auf die Laufzeiten ausüben, und wie ungenau das bisher übliche Verfahren war, der Berechnung von Laufzeiten die Geschwindigkeitshöhenlinien eines Massenpunktes gleichen Widerstandes zu Grunde zu legen.

Pufferzeitabstandskurven.

Die Zeitwegekurven finden ihre wichtigste Anwendung als Grundlage für die Berechnung der Pufferzeitabstandskurve. Folgen sich 2 Ablaufgruppen von der Länge s_I und s_{II} bei einer Zulaufgeschwindigkeit v_o auf einem Profil mit festem Ablaufpunkt, so ist die Zeitfolge

$$T_o = \frac{s_I}{v_o}$$

wobei s_I die Länge der zuerst ablaufenden Gruppe bezeichnet.

Dieser Zeitabstand der vorderen Puffer verändert sich während der freien Ablaufbewegung um das Zeitmaß Δt, um das die Ablaufzeiten der beiden Wagen verschieden sind. Da aber für die Beurteilung, ob die Zeit zwischen zwei Ablaufgruppen zum Umstellen von Weichen genügt, nicht der Zeitabstand der vorderen Puffer der beiden Ablaufgruppen, sondern des hinteren Puffers der ersten Ablaufgruppe vom vorderen Puffer der zweiten Ablaufgruppe maßgebend ist, muß ferner noch der Zeitaufwand t' berücksichtigt werden, den die erste Ablaufgruppe zum Überfahren des jeweiligen Meßpunktes benötigt. Da mit Hilfe der zugehörigen Geschwindigkeitshöhenkurve die Geschwindigkeit v_m am Meßpunke m aus Anlage 2 (Tafel) abzulesen ist, kann man t' aus der Gleichung

$$t' = \frac{s_I}{v_m}$$

berechnen. Zur Vereinfachung ist in Anlage 3b

$$t' = \frac{s_I}{\sqrt{2\,g\,h_m}}$$

für eine Wagenlänge $s_I = 10$ m für die verschiedenen h_m aufgetragen, so daß man daraus t' für irgend eine Wagenlänge s_n durch Multiplikation des abgelesenen Wertes mit $\frac{s_n}{10}$ findet.

Bedeutet somit t_n^I die Ablaufzeit der ersten Ablaufgruppe, t_n^{II} die Ablaufzeit der zweiten Ablaufgruppe bis Punkt n, so berechnen sich die nutzbaren Pufferzeitabstände t_p nach der Gleichung

$$t_p = T_o + t_n^{II} - t_n^I - t' \quad \ldots \text{IXa}$$
$$= T_o + \Delta t - t' \quad \ldots \text{IXb}$$

Man könnte die besondere Berechnung von t' dadurch umgehen, daß man für den ersten Ablauf die Zeitwegkurve des hinteren Puffers aus der Geschwingkeitshöhenkurve des hinteren Puffers ableitete. Um die besondere Aufstellung der letzteren zu vermeiden, empfiehlt sich aber der vorgeschlagene Weg.

Wechselnde Ablaufpunkte.

Auch die Pufferzeitabstandskurve von Abläufen, deren freie Bewegung an verschiedenen Ablaufpunkten beginnt, läßt sich mit Hilfe der Zeitwegekurven bestimmen und zwar allgemein durch Aufstellung der Geschwindigkeitshöhenlinien jedes Ablaufs für den Punkt, von dem aus sein freier Ablauf

begonnen hat, und durch Ableitung der Zeitwegekurve aus dieser. Die nutzbaren Pufferzeitabstände errechnen sich dann nach Gleichung IX. Für Ablaufprofile mit gleichmäßig durchgehendem Gefälle sind unter sonst gleichen Umständen die Zeitwegekurven für sämtliche Ablaufpunkte gleich. Für diesen Sonderfall kann man daher vorweg die Zeitwegekurven bestimmen und berücksichtigt den Abstand der Ablaufpunkte erst bei der Aufstellung der Pufferzeitsabstandskurve; dadurch ist es möglich, ohne allzugroße Rechenarbeit für verschiedene Ablaufpunktabstände die zugehörigen Pufferzeitabstandskurven zu berechnen. Aus praktischen Rücksichten soll von der Ableitung einer allgemeinen Formel abgesehen werden und nur für das in Anlage 4 dargestellte Beispiel die Berechnung des Wertes $t_{p\,50}$, des Pufferzeitabstandes bei Station 50, für folgende Anordnung durchgeführt werden:

Auf einem durchgehenden Gefälle von 1 : 100 folgt ein beladener O-Wagen einem leeren G-Wagen. Für beide ist die Zulaufgeschwindigkeit 0,6 m/sec, die Wagenlänge 8^m. Der Ablaufpunkt des O-Wagens liege 4 m hinter dem Ablaufpunkt des G-Wagens. Bezeichnet man den Zeitpunkt an dem der vordere Puffer des G-Wagens den oberen Ablaufpunkt — Station 0 m — befährt mit 0″, so befindet er sich an einem 50 m davon entfernten Punkte gemäß seiner Zeitwegekurve nach 35,6″ (Berechnung siehe Anlage 8). Der O-Wagen ist während dessen mit $v_o = 0{,}6$ m/sec Geschwindigkeit vorrückend nach $T_o = 13{,}3$ sec an den Ablaufpunkt bei Station 0 m und nach weiteren $\frac{4}{0{,}6} = 6{,}65''$ mit seinem vorderen Puffer an den Ablaufpunkt bei Station 4 m und von dort gemäß Anlage 8 nach weiteren 31,9″ an Station 54 m angelangt. Für die Bestimmung des Pufferzeitabstandes bei Station 50 m muß die aus Anlage 8 und 3b zu berechnende Laufzeit des II. Wagens zwischen Station 50 und 54 abgezogen werden.

Es ist

$$t_{p_{50}} = T_o + (t^{II}_{54} - t^{II}_{50;54}) - t^{I}_{50} - t'_{50}$$

$$t^{II}_{50;54} = 3{,}7\,\tfrac{4}{10} = 1{,}5''$$

$$t' = 4{,}3 \cdot \tfrac{8}{10} = 3{,}4''$$

$$t_{p_{50}} = 13{,}3'' + (6{,}65'' + 31{,}9'' - 15'') - 35{,}6'' - 3{,}4'' = 11{,}3''$$

Je weiter man die Ablaufpunkte auseinanderlegt, um so größer wird der Zeitabstand zwischen dem I. und II. Wagen, desto kleiner wird er aber zwischen dem zweiten und dritten Wagen. In Anlage 4 läuft als dritter Wagen ein leerer G von demselben Ablaufpunkt, wie der erste Wagen. Liegt der Ablaufpunkt des II. Wagens 8 m unterhalb des Ablaufpunktes des I. Wagens, bezw. fallen sie zusammen, so verlaufen die Zeitwegekurven wie strichpunktiert, bezw. durchgezogen eingetragen.

In Anlagen 14b, 15b sind für diese drei Fälle die Kurven für die Zeitabstände der vorderen Puffer und in Anlagen 14c, 15c die Kurven der nutzbaren Pufferzeitabstände entwickelt.

Einfluß der drehenden Schwungmassen ablaufender Fahrzeuge.

Bei den bisherigen Untersuchungen ist die Bewegung der Fahrzeuge als eine rein fortschreitende aufgefaßt worden, und der drehende Teil der Fahrzeuge unberücksichtigt geblieben. Dieser Einfluß macht sich während des Beschleunigungszustandes der Fahrzeuge hemmend, beim Verzögerungszustand treibend geltend, und zwar ist die in der gesamten Beschleunigungsphase von den Schwungmassen der Räder aufgespeicherte Arbeit gleich der in der Verzögerungsphase wiederum von ihnen abgegebenen Arbeit. Gleichung I müßte daher streng genommen noch durch ein Glied vermehrt werden, das dem Arbeitsvermögen der drehenden Bewegung der Räder gerecht wird.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werde aber die Bewegung der Fahrzeuge grundsätzlich stets als eine rein fortschreitende behandelt und da, wo nötig, werde der hemmende, bezw. treibende Einfluß der Schwungmassen, ähnlich wie der Einfluß der Widerstände mit der Bezeichnung p ‰ als kg pro 1000 kg Wagengewicht, bezw. mit der Bezeichnung h_p als diejenige Arbeitshöhe des Wagengewichts besonders berücksichtigt, die dem Arbeitsvermögen der Schwungmassen entspricht. Es ist somit, wenn G das

Wagengewicht einschließlich der Radsätze, J das Trägheitsmoment eines Radsatzes (ungefähr 12 kgm² *), R der Halbmesser eines Rades ist,

$$G \cdot h_p = \frac{1}{2} J \frac{v^2}{R^2}.$$

Da $$J = \int dm\, R^2 = m' R^2 = \frac{G'}{g} \cdot R^2,$$

wobei $$m' = \frac{G'}{g}$$

die auf den Umfang des Radsatzes bezogene Masse bedeutet, ist

$$G \cdot h_p = \frac{1}{2} G'/g \cdot v^2.$$

Ist die Geschwindigkeitshöhe bekannt, so empfiehlt es sich, h_p aus dieser zu berechnen mit Hilfe folgender Umformung:

Für die gleiche Geschwindigkeit v ist

$$G \cdot h = \frac{1}{2} m v^2,$$

somit $$h_p = h \cdot G'/g \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad X$$

oder $$h - h_p = h\,(1 - G'/g) \quad . \quad . \quad Xa.$$

Bei Annahme eines normalen Radsatzes mittlerer Abnutzung gelten für G'/g bezw. $1 - G'/g$ die in Tabelle 1 angegebenen Werte.

Tabelle 1.

Faktorentafel
zur Berechnung der Werte hp bezw. h — hp.

für G =	8t	10t	12t	16t	20t	24t
G^1/G =	0,125	0,1	0,083	0,062	0,05	0,042
$1 - G^1/G$ =	0,875	0,9	0,917	0,938	0,95	0,958

*) Leitzmann und v. Borries, Theoretisches Lehrbuch des Lokomotivbaues, S. 148.

Kapitel IV.

Bestimmung von Zahlenwerten für die Einschätzung von Wagenwiderständen.

Zerlegung der Gesamtwiderstände.

Die Gesamtwagenwiderstände ω in geradem horizontalem Gleis stehen unter dem Einfluß einer Reihe von Faktoren, deren wichtigste folgende sind:

1. Ausbildung und Güte von Lager und Achse, Durchmesserverhältnis von Rad und Achse, Schmierung des Lagers;
2. Achsstand, Art der Lagerung (Drehgestell oder feste Achse), Spiel zwischen Spurkranz und Schiene, Federung der Trag- und Pufferfedern;
3. Temperatur;
4. Gewicht;
5. Geschwindigkeit;
6. Güte von Oberbau und Bettung;
7. Windgeschwindigkeit relativ zum Wagen;
8. Form des Wagens.

Da diese Faktoren einem ständigen Wechsel unterworfen sind, kann auch für ω ein fester Wert nicht angegeben werden. Es genügt daher nicht, in einzelnen Fällen Wagenwiderstände zu messen, sondern es müssen Angaben dafür gewonnen werden, welche unter den vielen die maßgebenden Faktoren sind, mit welchen Teilwerten diese die Gesamtwiderstände beeinflussen, und inwieweit diese Teilwerte durch die Veränderung dieser Faktoren beeinflußt werden.

Es müssen also in dem Ausdruck Gesamtwiderstand = Summe der einzelnen Widerstandseinflüsse zunächst diese Widerstandseinflüsse einzeln bestimmt werden, um aus ihnen für jeden Fall den Gesamtwiderstand ω zusammensetzen zu können.

Diese Untersuchung wird dadurch wesentlich erleichtert, daß die Einflüsse in zwei voneinander unabhängige Gruppen zerfallen: die reinen Laufwiderstände, die von den Faktoren 1 bis 6, und die Windwiderstände, die von den Faktoren 7 und 8 abhängen.

Berechnung der Windwiderstände von Einzelfahrzeugen.

Ein parallelepipedischer Körper von der Stirnfläche F erhält durch einen mit der Gesamtgeschwindigkeit V km/std senkrecht auf die Stirnfläche auftreffenden Wind einen Winddruck von

$$P = C \cdot F \cdot V^2,$$

wobei C eine Konstante bedeutet, die nach ausgedehnten Laboratoriumsversuchen (Versuche der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen, mitgeteilt von Denninghof in Glasers Annalen 1906, S. 226) zu

$$C = 0{,}0052$$

angenommen werden kann, sodaß demgemäß ein parallelepipedischer Körper von F qm Aufschlagfläche einen Luftwiderstand von

$$P = 0{,}0052\ V^2 \cdot F$$

wenn

P in kg
V in km/st

oder von

$$P = 0{,}067\ v^2 \cdot F,$$

wenn

P in kg,
v in m/sek.

ausgedrückt sind.

Redtenbacher gibt an

$$P = 0{,}0704\ v^2 \cdot F,$$

Frank

$$P = 0{,}06749\ v^2 \cdot F$$

für kreisförmige Stirnflächen,

$$P = 0{,}071\ v^2 \cdot F$$

für quadratische Stirnflächen.

Den weiteren Rechnungen werden die Werte

$$P = 0{,}0053\ V^2 \cdot F \text{ bezw. } P = 0{,}07\ v^2 \cdot F$$

zu Grunde gelegt. Körper von anderen Formen erfahren naturgemäß andere Windwiderstände. Es hat sich als praktisch erwiesen, in den Fällen nicht jedesmal das entsprechende C zu bestimmen, sondern die sogenannte Äquivalentfläche F_0 einzuführen, das ist die Stirnfläche desjenigen parallelepipedischen Körpers, der unter sonst gleichen Umständen denselben Winddruck erfahren würde, wie dieser anders geformte Körper.

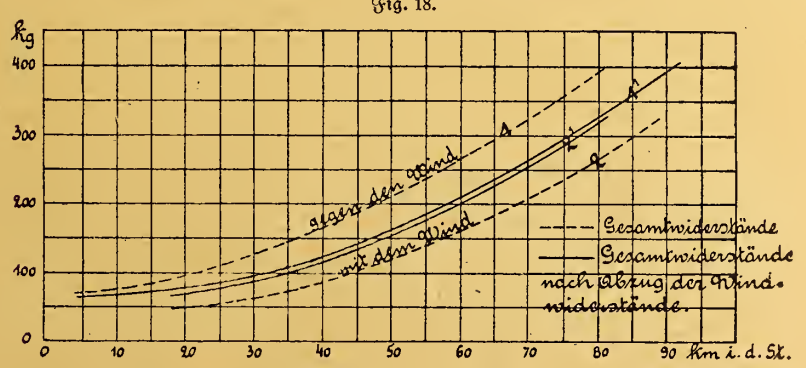
Die große Schwierigkeit liegt nunmehr in der Bestimmung der Äquivalentfläche.

Personenwagen, Gepäckwagen, gedeckte Wagen sind mit hinlänglicher Genauigkeit als parallelepipedische Körper aufzufassen. Ihre Äquivalentfläche entspricht daher mit genügender Genauigkeit dem Flächeninhalt der Stirnfläche. So berichtet Denninghoff, daß bei Auslaufversuchen von Gepäckwagen mit einer Stirnfläche von 7,5 qm eine Äquivalentfläche von demselben Betrag ermittelt wurde. Diese Versuchsreihe zeigt im weiteren die Möglichkeit, Windwiderstände getrennt von den übrigen Widerständen zu betrachten.

Denninghoff schreibt:

„Die Äquivalentfläche kann auch aus je zwei Ausläufen in entgegengesetzter Richtung ermittelt werden, wenn hierbei eine genügende Windgeschwindigkeit in der einen Fahrrichtung vorhanden ist. Da nämlich der Roll- und Reibungswiderstand (vom Verfasser Laufwiderstand genannt) für beide Fahrrichtungen bei derselben Fahrgeschwindigkeit derselbe bleibt, ist der Unterschied im Gesamtwiderstand allein auf den Luftwiderstand zurückzuführen, der in der einen Fahrrichtung mit $(v + l)^2$ in der anderen mit $(v - l)^2$ wächst, wenn v die Fahrgeschwindigkeit und l die Windgeschwindigkeit bedeutet. Legt man der Berechnung möglichst große Werte von v und l zugrunde, so erhält man den zuverlässigsten Wert für die Äquivalentfläche, für die sich auch auf diesem Wege annähernd die Größe von 7,5 qm ergab. Es ist daher für die Zurückführung der Widerstandswerte auf Windstille eine Äquivalentfläche von 7,5 qm in Rechnung gestellt worden. In Fig. 18 geben die punktierten Linien 1 und 2 die Widerstände

Fig. 18.



an, wie sie unmittelbar aus den auf die Horizontale zurückgeführten Geschwindigkeitskurven zweier Ausläufe berechnet sind. Die Windgeschwindigkeit betrug 2,8 bis 3 m/sec oder 10 km/std, und man erkennt aus dem Abstand der beiden Kurven voneinander, wie bedeutend der Einfluß des Windes gewesen ist. Trägt man die bei einer Äquivalentfläche von 7,5 qm durch den Wind entstehende Zunahme bezw. Abnahme des Luftwiderstandes von den Kurven 1 bezw. 2 des Gesamtwiderstandes nach unten bezw. oben ab, so erhält man die Kurven 1′ bezw. 2′, welche somit die Widerstandslinien für die horizontale Strecke und Windstille darstellen. Man sieht, wie nahe diese Linien zusammen fallen, und das ist ein Beweis dafür, daß die ermittelte Größe der Äquivalentfläche nahezu richtig ist.“

Bei leeren offenen Wagen, Wagen mit vielgliederiger Ladung und Wagen mit durchbrochenen Wänden wie Gänsewagen, kurz Wagen, bei denen auch noch andere Teile als die Stirnfläche dem Winde erhebliche Angriffsflächen bieten, ist die Äquivalentfläche mit Stirnfläche nicht identisch. Man setzt für ein einzelnes Fahrzeug allgemein die Äquivalentfläche

$$F_0 = F + \Delta F,$$

wobei die Stirnfläche F den Grundwert der Äquivalentfläche und ΔF einen Zusatzwert darstellt. Für einzelne G- und Personenwagen und vollgeladene O-Wagen ist nach vorherigem $\Delta F = o$, für leere O-Wagen, namentlich für Wagen mit durchbrochenen Wänden ist ΔF bis zu 0,3 F anzusetzen. Für F ist der größte Wagenquerschnitt einschließlich Ladung einzusetzen, falls dieser größer ist, als die Stirnfläche.

Ausgiebigeres Material liegt vor zur Beantwortnng der Frage, wie groß die Äquivalentfläche für eine Fahrzeuggruppe anzusetzen ist.

In The Engineer 1898, Seite 164, veröffentlicht Prof. Goß seine Laboratoriumsversuche mit Modellen gleicher parallelepipedischer Bauart, die er in Zügen von 1 bis 25 Fahrzeugen in einer 18,2 m langen Röhre mit dem quadratischen Querschnitt von 0,5 m Seitenlänge Windgeschwindigkeiten bis zu 240 km/st aussetzte. Jedes Modell war für sich mit einem Dynamometer verbunden, so daß für jedes Modell getrennt der Winddruck bestimmt werden kann. Die in Tabelle 2 zusammengestellten Messungen — die angegebenen Zahlen haben keinen absoluten Wert, sondern sollen nur das Kräfteverhältnis darstellen — zeigen, daß der letzte Wagen $^1/_5$ des Winddruckes des ersten Wagens, einer der mittleren aber nur $^1/_{10}$ dieses Druckes erfährt, und daß dieses Verhältnis für alle Geschwindigkeiten dasselbe bleibt. Auffallend ist dabei der geringe Wind-

Tabelle 2.

Zusammenstellung von Versuchsergebnissen (Prof. Goß).

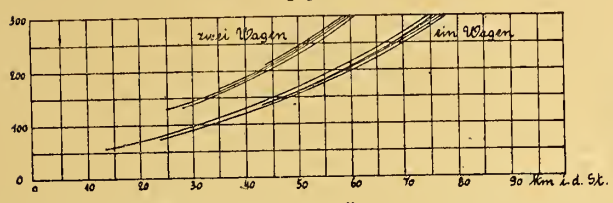
| Bei einer Versuchsanordnung von Modellen | zeigt das Modell | bei folgenden Geschwindigkeiten in km/Stunde einen Ausschlag des Dynamometers von | | |

druck des zweiten Wagens und der hohe Druck des letzten. Als Erklärung dafür gibt Goß an, daß die Luft durch den ersten Wagen plötzlich auseinander getrieben wird, und erst hinter der Stirnfläche des zweiten Wagens die geradlinige Luftströmung wieder vorhanden ist, und daß der letzte Wagen eine Saugwirkung ausübt. Diese letzte Beobachtung bestätigt Aspinall in seinem Aufsatz über Zugwiderstände in Minutes of proceedings of civil engineers, Band 147, Seite 173 durch Luftdruckmessungen an der Rückseite fahrender Fahrzeuge.

Die Brücke von diesen Laboratoriumsversuchen zur Praxis bieten Versuche der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen.

Denninghoff veröffentlicht in dem oben angeführten Aufsatz*) die in Figur 19 wiedergegebenen Widerstandskurven eines Gepäckwagens und

Fig. 19.



Gesamtwiderstand eines Gepäckwagens (ermittelt aus 5 Ausläufen) und zweier Gepäckwagen (ermittelt aus 4 Ausläufen.)

zweier Gepäckwagen, deren Äquivalentfläche mit je 7,5 qm bekannt waren. Nach Goß beträgt der Winddruck auf den letzten Wagen etwa $^1/_4$ des Winddruckes auf den ersten Wagen. Mit guter Übereinstimmung dazu fand Denninghoff für den zweiten Gepäckwagen die Äquivalentfläche von 2 qm. Es errechnet sich somit die Äquivalentfläche eines Wagenzuges nach der Gleichung

$$F_0 = F + \lesseqgtr \Delta F + \lesseqgtr \Delta' F.$$

F setzt man praktisch gleich dem größten Wagenquerschnitt einschließlich Ladung, ΔF sind Zusatzwerte gemäß den für Einzelwagen gemachten Angaben und im allgemeinen zwischen 0 und 0,3 F einzuschätzen, $\Delta' F$ errechnet sich für den letzten Wagen zu $^1/_4$ seiner Stirnfläche, für jeden mittleren Wagen zu $^1/_{10}$ seiner Stirnfläche.

Nach diesen Angaben sind in Tabelle 3 für einige gebräuchliche Wagen arten die Werte für

$$\Delta F,\ \Delta' F \text{ und } F_0$$

zusammengestellt, denen vergleichsweise die von A. Frank**) für in Zügen laufende Wagen angegebenen Werte für $\Delta F + \Delta' F$ gegenübergestellt werden sollen.

	$\Delta F + \Delta' F$
Personenwagen und gedeckte Güterwagen	0,56 qm
Beladene Güterwagen	0,32 „
Offene leere Güterwagen	0,62 „

Figur 20 gibt zum praktischen Gebrauch und zur Übersicht die Windwiderstände von Fahrzeugen und Gruppen bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Nach Beaufort bezeichnet man eine Windgeschwindkeit von

3,6	m/sec . . .	mit leiser Zug,
5,8	„ . . .	„ leichter Wind,
8	„ . . .	„ schwacher Wind,
10,3	„ . . .	„ mäßiger Wind,
12,5	„ . . .	„ frischer Wind,
15,2	„ . . .	„ starker Wind.

Die Bezeichnungen von Beaufort gelten für norddeutsche Verhältnisse.

Nach Beobachtungen des Verfassers sind länger anhaltende Windgeschwindigkeiten von 8 m/sec im Rheinland schon erheblich zu nennen, solche über 10 m/sec so selten, daß sie praktisch außer Betracht bleiben können. Sammt schreibt in einer Monographie über den Bahnhof Karlsruhe***), daß an einem, nach Mitteilung des Zentralbüros für Meteorologie und Hydrographie in Karlsruhe sehr windigen Tage Windgeschwindigkeiten von 4 — 8 m/sec, vereinzelt bis 12,9 m/sec beobachtet worden seien.

*) Glasers Annalen 1906, Seite 226.

**) Zeitschrift des Vereins der Ingenieure 1907, S. 94, 1903, S. 460.

***) Über die bauliche Anlage, den Betrieb, die Leistungsfähigkeit und die Betriebskosten des Rangierbahnhofs Karlsruhe; Karlsruhe 1912.

Tabelle 3

№	Wagenart	Eigengewicht t	Ladung t	Gesamtgewicht t	F Stirnfläche qm	ΔF qm	Δ'F für eine Gruppe aus sämtl. 6 Wagen qm	$F_o = F + \Delta F$ bezw. $F_o = F + w\,\Delta F + \Delta' F$ qm	$w = F_o/G \cdot C \cdot v^2$ für $v = 1$ m/sec. ‰
1	G	9	—	9	7	0	—	7	0,052
2	G	9	15	24	7	0	0,7	7	0,019
3	O	6	—	6	3	0,9	0,3	3,9	0,043
4	O	9	—	9	4,5	1,35	0,45	5,85	0,043
5	O	6	10	16	3	0	0,3	3	0,013
6	O	9	15	24	4,5	0	1,1	4,5	0,013
7	Gruppe obiger 6 Wagen	48	40	88	7	2,25	2,25	12,1	0,009

In welcher Stärke eine in genügender Entfernung vom Erdboden gemessene Windgeschwindigkeit auf die ablaufenden Fahrzeuge einwirkt, hängt in hohem Maße davon ab, inwieweit Ablaufberg und Richtungsgleis der direkten Windeinwirkung frei liegt. Schon aufgestellte Wagen in nebenliegenden Gleisen brechen die Stärke des Windes auf ein zwischen derartig besetzten Gleisen rollendes Fahrzeug, ferner seitliche Schuppen und Häuser. So hat trotz seiner geringen Höhe der Ablaufberg in Mainz, Güterbahnhof, unter Gegenwind nicht zu leiden, weil der Ablauf zwischen hohen Häusern in Richtung auf die Bahnhofshalle und den Tunneleinschnitt stattfindet, wobei erstere den Seitenwind und letzterer den Gegenwind abfangen.

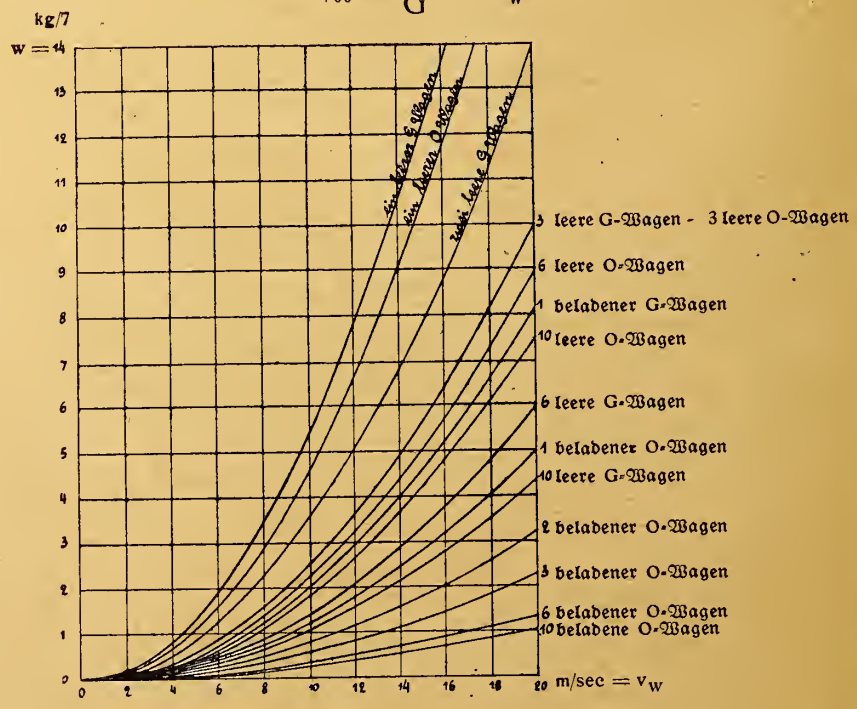
Bei einer Eselsrückenanlage, die weder besonders geschützt noch auch dem Wind besonders ausgesetzt ist, kann man annehmen, daß von der auf dem Brechpunkt gemessenen Windstärke am Fuße des Ablaufberges nur mehr die Hälfte, und innerhalb der Richtungsgleise im Mittel nur mehr ein Viertel wirksam ist. Mit diesen Annahmen sind auch die Berechnungen in Kapitel IV durchgeführt worden.

Der Windwiderstand w eines Fahrzeugs oder einer Fahrzeuggruppe ist somit durch den wirksamen Querschnitt F_o, das Gewicht und die relative Windgeschwindigkeit v_o bestimmt und läßt sich unter Benutzung der Figur 20 mit genügender Genauigkeit angeben.

Fig. 20

Windwiderstände.

wie $w^0/_{00} = \frac{F_o}{G} C \cdot v_w^2$



Werden daher an Fahrzeugen oder Gruppen, von denen diese Angaben und ferner die hemmende bezw. treibende Einwirkung p der Schwungmasse der Räder bekannt sind, Messungen des Gesamtwiderstandes ω in geradem

Gleis vorgenommen, so lassen sich nach der Gleichung

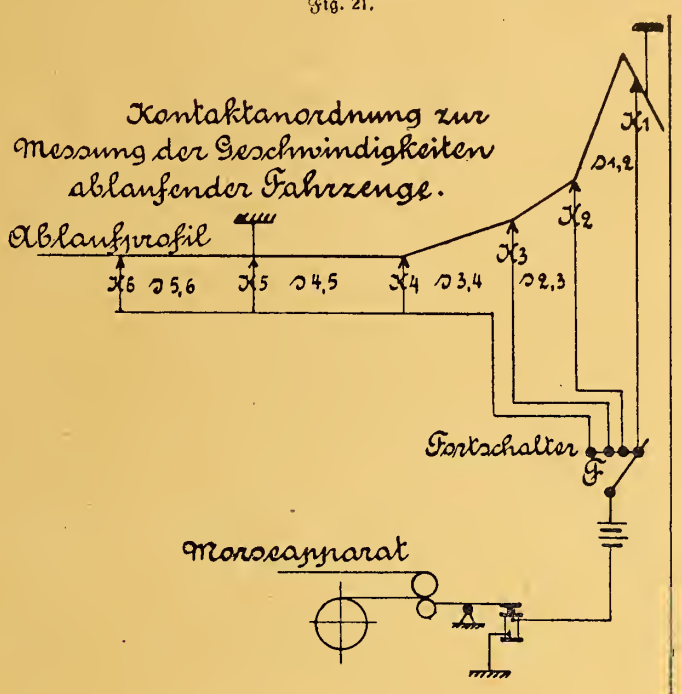
$$\varphi = (\omega - w) \mp p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad XI,$$

die reinen Laufwiderstände für die Umstände, unter denen die Messungen stattgefunden haben, von Fall zu Fall berechnen. Aus zahlreichen derartigen Werten φ ist dann durch Vergleich der Einfluß der für ihre Einschätzung maßgebenden Faktoren zu untersuchen mit dem Ziel, Werte für die Einschätzung der Laufwiderstände zu finden.

Bestimmung der Gesamtwiderstände ω durch Versuch.

Zur Messung von Gesamtwiderständen ablaufender Wagen in Wagengruppen wurde die in Figur 21 dargestellte Versuchsanordnung angewandt.*)

Fig. 21.



Nach genauer Profilaufnahme eines bestimmten Fahrweges wurden möglichst in den Knickpunkten des Höhenprofils Kontakte $K_1 \ldots K_n$ angebracht, die mittels eines Fortschalters F mit einem Morseapparat zusammengeschaltet waren.

Der Versuchsvorgang war folgender: Vor Ablauf des zu messenden Wagens wurde Achsstand, Wagengattung und Gewicht aufgeschrieben, das Laufwerk des Morseapparats in Bewegung gesetzt, und mit dem Fortschalter der Schienenkontakt 1 eingeschaltet. Jede Achse erzeugte durch Niederdrücken des Schienenkontaktes einen Stromstoß und dadurch auf dem ablaufenden Morsestreifen einen Strich. Der Beginn des freien Ablaufs, d. h. der Moment, in dem sich die Puffer des abgekuppelten Zugteils vom drückenden Zugteil lösten, wurde durch dreimaliges kurzes Herunterdrücken des Schreibhebels auf dem Streifen besonders gekennzeichnet. Nachdem die letzte Achse des ablaufenden Wagens bezw. der Wagengruppe den Kontakt 1 verlassen hatte, wurde Kontakt 2 eingeschaltet u. s. f.

Figur 22 gibt die Messung für den Ablauf einer Gruppe von 3 Wagen wieder; der Pfeil deutet die Ablaufrichtung des Streifens an, dessen Ablaufgeschwindigkeit V etwa 2,25 cm/sec betrug.

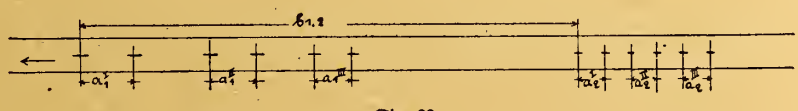


Fig. 22.

Der erste Wagen habe den Radstand R_1, der zweite Wagen R_2. Ist ferner a_1^1 die Entfernung der von den beiden Achsen des 1. Wagens bei Befahren des Kontakts 1 auf dem Streifen erzeugten Striche, so

*) Die Versuchsanordnung ist ausführlicher dargestellt worden in der Hoffnung, daß weitere Beobachtungen dadurch angeregt werden.

errechnet sich die Geschwindigkeit der Wagenmitte des ersten Wagens bei Kontakt 1 zu

$$v_1^I = \frac{R_1}{a_1^I} \cdot V.$$

Entsprechend errechnet sich für die erste Achse des ersten Wagens die zur Zurücklegung des Weges $s_{1,2}$ zwischen Kontakt 1 und Kontakt 2 aufgewandte Zeit zu

$$t_{1,2} = \frac{b_{1,2}}{V},$$

wobei $b_{1.2}$ die Entfernung der beim Befahren der Kontakte 1 und 2 durch die erste Achse erzeugten Striche des Streifens bedeutet.*)

Die Genauigkeit dieser Meßmethode hängt in erster Linie von der genauen Angabe der Radstände und der Gleichmäßigkeit von V**) ab. Bei Gruppenabläufen können wegen der dichten Folge mehrerer Messungen an einem Kontakt etwaige Fehler am ehesten erkannt und ausgeglichen werden. Die durch denselben Kontakt am 1. und 2. Wagen gemachten Geschwindigkeitsmessungen stellen sich dabei dar als eine fortlaufende Reihe von Geschwindigkeitsmessungen am Kontaktpunkte und an weiteren Punkten, die um die Entfernungen der Wagenmitten jeweils hinter dem Kontakt liegen.

Zu diesen Geschwindigkeiten wurden gemäß Gleichung I mit Hilfe der Anlage 2 die zugehörigen Geschwindigkeitshöhen bestimmt und, wie aus Anlage 5 g, h, i ersichtlich, für jeden Ablauf die Geschwindigkeitshöhenlinie in das Ablaufprofil eingetragen. Die daraus entwickelte Gefällhöhenlinie gibt alsdann in ihrer Neigung zur Horizontalen den Gesamtwiderstand ω des Ablaufs für jeden Punkt der Bahn an.

Einschätzung der Laufwiderstände.

Die Gefällhöhenverluste der Gefällhöhenlinien stellen nach Gleichung II die zur Überwindung der Summe aller auftretenden Widerstände zu leistenden Arbeiten dar.

$$h_\omega = h_\varphi + h_\rho + h_\omega \pm h_p$$

Somit ist für gerades Gleis

$$h_\varphi = h_\omega - h_w \mp h_p \quad \ldots\ldots \text{XIa}$$

In dieser Gleichung berechnen sich:

h_ω als Gefällhöhenverlust aus den gemessenen Geschwindigkeiten,

h_p gemäß Gleichung X aus den gemessenen Geschwindigkeiten,

h_w aus den gemessenen Geschwindigkeiten und zwar mit genügender Genauigkeit unter Benutzung der mittleren Windwiderstände zwischen zwei Meßpunkten. Die gemessenen Fahrzeuggeschwindigkeiten seien v_m und v_n, die Geschwindigkeiten der Außenluft $\mp v_{w_a}$. Dann sind die relativen Windgeschwindigkeiten an den beiden Meßpunkten

$$v_{w_m} = v_m \mp v_{w_a},$$
$$v_{w_n} = v_n \mp v_{w_a}.$$

---

*) Zur Erleichterung der Berechnung dieser Laufzeiten $t_{m,n}$ und der Geschwindigkeiten v diente der in Anlage 3 Figur a dargestellte Maßstab, dessen Abszisse die Sekundeneinteilung 2,25 cm = 1 sec trägt, so daß sich die $t_{m,n}$ Werte sofort durch Abgreifen ergaben. Auf den Ordinaten sind die Radstände, also Strecken aufgetragen. Das Strahlenbüschel stellt Geschwindigkeiten zwischen 0,1 m/sec und 10 m/sec dar. Soll z. B. für $a_1^I = 4{,}5$ cm eines Wagens von 6 m Radstand die Wagengeschwindigkeit bei Kontakt 1 berechnet werden, so bestimmt man durch Abtragen einer Abszisse von $a_1^I = 4{,}5$ cm in der Ordinatenhöhe R = 6 m den Strahl, der durch den dadurch bestimmten Punkt geht und findet den Strahl 3 m/sec. Liegt der gefundene Punkt zwischen zwei Strahlen, so ist zu interpolieren.

**) Leider ist beim Morseapparat der Gleichförmigkeitsgrad des ablaufenden Streifens sehr schlecht. Es mußte daher folgende Korrektur vorgenommen werden:

In Abständen von halben Minuten wurden mit dem Schreibhebel Punkte auf den Streifen geschlagen, deren Entfernung die jedesmalige Ablaufgeschwindigkeit V′ des Streifens ergab. Um nun nicht für jedes dieser V′ einen neuen Maßstab herstellen zu müssen, wurde zunächst mit Hilfe eines Korrekturmaßstabes derjenige Radstand R bestimmt, der bei einer Geschwindigkeit des ablaufenden Streifens von V unter sonst gleichen Umständen Meßpunkte von derselben Entfernung a geschlagen hätte gemäß Gleichung

$$R' = R \frac{v}{v'}$$

der dann mit Hilfe des Maßstabes Anlage 3, Figur a, ohne weiteres die richtige Geschwindigkeit ergab.

für die aus Figur 20 der Windwiderstand w_m bezw. w_n abzugreifen ist. Nimmt man eine geradlinige Veränderung des Windwiderstandes zwischen den Punkten m und n an, so errechnet sich die Windwiderstandshöhe zwischen den Punkten m und n aus

$$h_{w_{m,n}} = \frac{w_m + w_n}{2} \cdot s_{m,n}.$$

Für möglichst gradlinige Ablaufwege der Ablaufberge von Oberlahnstein, Bingen, Bingerbrück, Mainz, Bischofsheim, Kranichstein und Worms sind mit Hilfe der oben beschriebenen Meßvorrichtung Geschwindigkeiten ablaufender Fahrzeuge gemessen und der in Anlage 5 f—c für 4 Ablaufversuche auf dem Ablaufberg in Bingerbrück dargestellten Untersuchung unterworfen worden. Zunächst wurden die gemessenen Geschwindigkeitshöhen aufgetragen und daraus durch Konstruktion der Schwerpunktwege die Gefallhöhenlinien abgeleitet, deren Gefällhöhenverluste die zur Überwindung der Gesamtwiderstände aufzuwendenden Arbeiten h_ω darstellen. Dann wurden nacheinander die Werte h_ρ h_w, h_p berechnet und von der h_ω-Linie abgezogen, so daß schließlich die reinen Laufwiderstandshöhen übrig blieben.

Es zeigte sich, daß diese h_φ-Linien keinen geradlinigen Verlauf hatten, sondern nach etwa 250 m φ in seinem Werte abnahm und zwar umsomehr, je länger die Wagen vor Ablauf gestanden hatten bezw. je tiefer die Außentemperatur war. Diese Erscheinung findet ohne Schwierigkeit ihre Erklärung in der Schmierfähigkeit des Öles, die bei tiefen Temperaturen geringer ist.

Um den mittleren Verlauf der h_φ = Linie festzustellen, wurde, wie in der Anlage 5 Fig. b—e dargestellt, eine Anzahl von h_φ = Linien mit ihren Anfangsneigungen aufeinandergelegt. Es ergab sich dabei der aus Anlage 5 Fig. a ersichtliche Verlauf für normale Temperaturverhältnisse, d. h. Wagen, die nicht lange gestanden haben, und ungünstige Temperaturverhältnisse, d. h. Wagen, die lange gestanden haben. Tritt im letzten Falle noch tiefe Außentemperatur hinzu, so sind die Δh_φ-Werte noch größer anzusetzen. Um die später angegebene rein rechnerische Behandlung der Ablaufkurven zu ermöglichen, sind in Tabelle 4 die Höhenverluste $\Delta h\varphi$ angegeben, die durch die Abnahme der Laufwiderstände bedingt sind.

Diese Normalkurven für den Verlauf der $h\varphi$-Linien sind mit den berechneten $h\varphi$-Linien zur Deckung gebracht, und dann die Anfangswerte der Laufwiderstände festgestellt worden.

In Anlage 6 und 7 sind für normale Temperaturen auf diese Weise gefundene Anfangswerte der reinen Laufwiderstände von Ablaufversuchen in Bingerbrück und zwar, in Tafel 1 nach der Zahl der jeweils in einer Gruppe ablaufenden Wagen und in Tafel 2 nach dem mittleren Wagengewicht jeder Gruppe geordnet, zusammengestellt worden. Sie zeigen, daß die reinen Laufwiderstände um so kleiner sind, je größer das Wagengewicht ist, und daß sie mit der Zahl der Wagen abnehmen. Zur Beurteilung der Absolutwerte ist nicht außer Acht zu lassen, daß diese Werte die Anfangswerte der reinen Laufwiderstände darstellen und, da es sich um Wagen handelt, die nicht gestanden hatten, um etwa 1,1 ‰ größer sind als die reinen Laufwiderstände des Bewegungszustandes. In gleicher Weise sind auch Ablaufkurven bei tiefen Temperaturen bis zu — 10° untersucht worden mit dem Ergebnis, daß der Einfluß der Temperatur auf den Anfangswert als bedeutend festgestellt wurde. Maßgebend ist die Schenkelwärme die während der Fahrt infolge der Reibung, namentlich bei tiefer Außentemperatur, erheblich über dieser liegt, bei Stillager aber bald auf Außentemperatur sinkt. Fig. 23 ist dem Aufsatz von Glinsky über den

Tabelle 4.

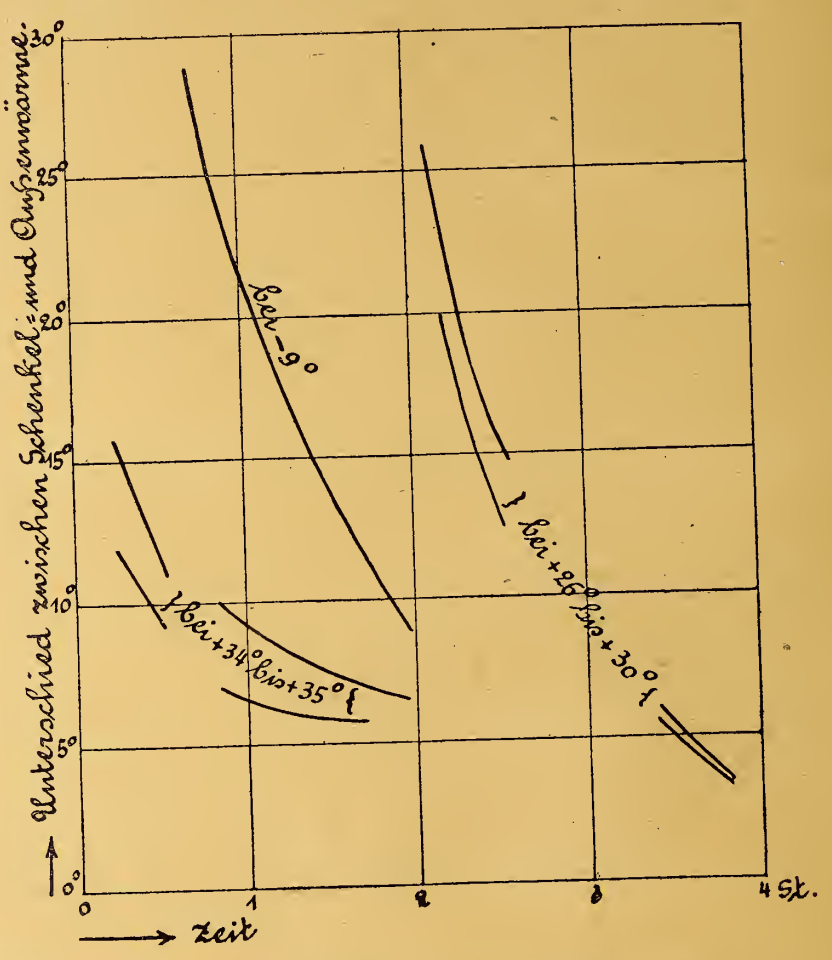
Abnahme der Laufwiderstände φ mit der Laufweite.

Meter	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	Bemerkungen
$\Delta h\varphi$	0	0	0	0	0	0	0,02	0,035	0,07	0,105	0,16	0,215	0,275	normal
$\Delta h\varphi$	0	0	0	0	0	0	0,04	0,07	0,14	0,21	0,32	0,43	0,55	lange gestanden

Bewegungswiderstand der Eisenbahnfahrzeuge*) entnommen und veranschaulicht die Abnahme der Schenkelwärme mit der Dauer des Stillagers der Fahrzeuge. Der Einfluß der Temperatur läßt sich zweckmäßig durch einen Faktor ausdrücken, der bei normaler Temperatur 1 und bei sehr tiefen Temperaturen 3 beträgt, so daß also ein Wagen, der bei normaler Temperatur 3,5 ‰ reinen Laufwiderstand hat — unter dieser Bezeichnung ist wie überhaupt im folgenden der Anfangswert von φ zu verstehen — bei beginnendem Frost mit 7 ‰, bei scharfem Frost mit 10 ‰ reinem

Fig. 23.

Abnahme der Schenkelwärme mit der Dauer des Stillstandes.



Laufwiderstand in Ansatz zu bringen ist, vorausgesetzt, daß seine Schenkelwärme nicht erheblich höher ist als die Außentemperatur.

Bei der Fahrt durch den krummen Strang von Weichen und durch Krümmungen erhöht sich der Gesamtwiderstand um einen weiteren Betrag ρ. Zur Bestimmung dieses Wertes sind dieselben Wagen, die bei den Messungen in Anlage 6 und 7 nur eine Weiche im krummen Strang und eine Krümmung befahren hatten, durch 3 weitere Weichen im krummen Strang (siehe Anlage 5, k.) geleitet worden. Hierbei ergab sich, daß bei auf geradem Strang befahrenen Weichen eine Zunahme des Gesamtwiderstandes nicht eintritt, der zusätzliche Gefällhöhenverlust bei Befahren von Weichen über den krummen Strang jedoch mit 8 — 10 cm pro Weiche besonders in Rechnung zu setzen ist. Diese Werte wurden auch bei Versuchen auf anderen Ablaufbergen bestätigt und stimmen überein mit der Angabe von Dr.-Ing. Blum**) und Schübler***). Für längere Krümmungen ist ebenfalls ein Gefällhöhenverlust in Ansatz zu bringen, der aus der Formel

v. Röckl $$\rho = \frac{650}{R - 55},$$

Frank $$\rho = \frac{d}{R}\left(180 - \frac{1000\,d}{R}\right)$$ Personenzüge

$$= \frac{d}{R}\left(180 - \frac{2000\,d}{R}\right)$$ Güterzüge,

wobei d = Radstand, R = Krümmungshalbmesser bedeuten, einzuschätzen ist.

*) Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1918, Heft 1.
**) Verkehrstechn. Woche 1909, Heft 45 — 49.
***) Zeitschrift für Bauwesen 1888.

Zusammenfassende Angaben für die Einschätzung von Widerständen.

Die Gesamtwiderstände eines Ablaufs bestimmen sich somit allgemein nach der Gleichung

$$\omega = \varphi \pm p + w + \rho$$

und lassen sich nach folgender Übersicht einschätzen:

A. Normale Temperatur.

I. Einzelwagen.

1. φ je nach Wagengewicht zwischen 4,5 ‰ und 2,8 ‰; z. B. für einen Wagen von 9 t 4 ‰ von 20 t 3 ‰; bei Wagen, die längere Zeit gestanden haben, mehr. Die Abnahme von φ während des Laufs ist gemäß Anlage 5 bezw. Tabelle 4, S. 29 einzuschätzen.

2. ρ für auf krummem Strang befahrene Weichen $h\rho = 10$ cm, für längere Krümmung gemäß den Formeln von Röckl bezw. Frank.

3. p gemäß Tabelle 1, S. 21 aus der tatsächlichen Laufgeschwindigkeit des Wagens, bezw. angenähert aus den gemäß $AI_{1)}$ sich ergebenden Werten $H - h_\varphi$ zu berechnen.

4. w berechnet sich für genügend kurze Streckenabschnitte (etwa 100 m) vom Ablaufpunkt beginnend aus der Geschwindigkeit des Windes relativ zum Fahrzeug unter Benutzung von Figur 20 in Anlehnung an die Ausführungen auf S. 28/29, wobei für die Geschwindigkeit des Fahrzeuges angenähert die Werte

$$H - h\varphi \text{ bezw. } H - (h\varphi + hp)$$

angesetzt werden können.

II. Fahrzeuggruppen.

1. φ gemäß $AI_{1)}$ eingeschätzt, ermäßigt sich um einen Betrag $\Delta\varphi$, der von der Wagenzahl abhängt und zwischen 0 bei einem Wagen und 1,2 ‰ bei mehr als 8 Wagen liegt.

2. ρ wie bei $AI_{2)}$

3. p wie bei $AI_{3)}$

3. w wie bei $AI_{4)}$

B. Tiefe Temperatur.

1. φ gemäß $AI_{1)}$ und $AII_{1)}$ einzuschätzen wächst mit fallender Temperatur und ist mit einem Zuschlag bis zu 200 % — für leichten Frost etwa 100 % — anzusetzen.

2. ρ
3. p
4. W

} wie unter A.

Besondere Verhältnisse wie Schnee, Rauhreif, Schleifen der Bremsklötze sind in diesen Angaben unberücksichtigt.

Es könnte der Einwand gemacht werden, warum die Festsetzung der reinen Laufwiderstände φ sich nicht aufbaut auf den Laufwiderständen der Bewegung, wie sie der Berechnung der Fahrwiderständen von Eisenbahnzügen zugrunde gelegt werden. Der Versuch ist bei Ausmittelung der Versuchsergebnisse gemacht worden, mußte aber daran scheitern, daß sich ein konstanter Laufwiderstand der Bewegung erst, wie auf S. 73 erläutert, nach etwa 16 km Laufweite einstellt, bei den kurzen Ablaufweiten sich aber überhaupt nicht herausbilden konnte, da die Wagen stets vor dem Ablauf, wenn auch nur kurze Zeit, stillgestanden haben.

Zur Unterstützung obiger Zahlenwerte sei kurz auf die in Glasers Annalen, Bd. 86, Heft 2 veröffentlichten Auslaufversuche der schwedischen Staatsbahnen mit Erzwagen auf einer Auflaufstrecke von etwa 2,5 km hingewiesen. Die nach Abzug der Windwiderstände verbleibenden reinen Laufwiderstände sind danach für beladene Wagen im Mittel 2,1 ‰, für leere Wagen im Mittel 4,3 ‰, eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den oben angegebenen Werten für φ, wenn man in Rechnung zieht, daß sich am Ende dieser Strecke die Laufwiderstände schon denjenigen des

Bewegungsstandes nähern. Die Untersuchungen zeigen ohne weiteres, daß der den bisherigen Berechnungen von Ablaufvorgängen zu Grunde gelegte mittlere Gesamtwiderstandswert, z. B. von 3 ‰ eine für genauere Untersuchungen ungenügende Annäherung an die möglichen tatsächlichen Widerstandswerte darstellt.

Rechenschema.

An Hand dieser Angaben können nunmehr für beliebige Ablaufprofile, Wagenarten, Witterungsverhältnisse Geschwindigkeitshöhenlinien aufgestellt werden.

Als Beispiele sind in den 3 Tafeln der Anlagen 8 bis 10 die Berechnung der Geschwindigkeitshöhenlinien für eine Anfangsgeschwindigkeit $v_o = 0{,}6$ m/sec durchgeführt und zwar:

1. für einen leichten gedeckten und einen beladenen offenen Wagen für ein durchgehendes Gefälle von 10 ‰ bei normaler Temperatur und Windstille Anlage 8.

2. für 3 leere G-Wagen auf einem Profil mit Gegenneigung und horizontalen Richtungsgleisen bei normaler Temperatur und Windstille. Anlage 9.

3. für einen leeren G-Wagen auf dem Profil unter 2, aber bei tiefer Temperatur (etwa 0°) und Gegenwind von 6 m/sec. Anlage 10.

Berechnungsvorgang und Erläuterungen zu Anlage 10.

1. Spalte 20, Feststellung der für die Berechnung notwendigen Angaben. (Charakteristik).

2. Spalte 1—19, Berechnung der Geschwindigkeitshöhen h_m^{xx} (Spalte 10) eines Massenpunkts von gleicher Charakteristik, jedoch der Anfangsgeschwindigkeit $v_o = 0$ m/sec und zwar enthält Spalte 1—9 die von der Geschwindigkeit des Ablaufs unabhängigen Laufwiderstandshöhen (Spalte 8) und die ihnen entsprechende erste Annäherung h^x der Geschwindigkeitshöhen (Spalte 9). Spalte 11—19 die von der Geschwindigkeit abhängigen Windwiderstandshöhen (Spalte 18, 19). Sie werden zunächst für den ersten Teilabschnitt $s_{0,50}$ für die in Spalte 9 errechneten h_o^x und h_{50}^{xx} unter Benutzung von Anlage 2 und Textabbildung 20 errechnet; dabei wird in Kauf genommen, daß der Wert h_{50}^x eine zu hohe Geschwindigkeit des Fahrzeugs und daher auch einen zu hohen Windwiderstand bei Station 50 ergibt; dieser Wert ist aber umso genauer, je kleiner die Teilstrecken sind. Im einzelnen ergibt sich Spalte 13 aus Spalte 9 unter Zuhilfenahme von Anlage 2, Spalte 15 ist Spalte 13 und 14, Spalte 16 ergibt sich aus Spalte 15 unter Benutzung von Fig. 20 und stellt den Windwiderstand an den Meßpunkten dar. Spalte 17 aus Spalte 16 stellt den gemittelten Windwiderstand zwischen 2 Meßpunkten dar; Spalte 18 die Windwiderstandshöhe einer Teilstrecke, Spalte 19 die Gesamtwiderstandshöhe bis zum Meßpunkt.

Der Berechnung des Wertes $h_{w\,50,100}$ Spalte 18 werden alsdann die Geschwindigkeitshöhen $h_{50}^x - h_{w\,0}$ Spalte 11 und $h_{100}^x - h_{w\,50}$ Spalte 12 zu Grunde gelegt (Zeile 4 und 5) u. s. f. Somit gibt Spalte 11 eine zweite Annäherung an die gesuchte Geschwindigkeitshöhenlinie unter Berücksichtigung der Lauf- und Windwiderstände. Die dritte Annäherung Spalte 10 wird durch die weitere Berücksichtigung der Werte h_p erreicht. Sie ergibt sich aus Spalte 10 durch Multiplikation mit $(1 - G'/G)$, Tab. 1, S. 21.

3. Spalte 21 bis 27 berücksichtigen die Einwirkung der schleppenden Achsen.

Für die den Knickpunkten zunächst liegenden Teilstrecken werden die zugehörigen ω berechnet (Spalte 21 und 22) und daraus die Werte s_h' bezw. s mit deren Hilfe auf zeichnerischem Wege, gemäß Anlage 1, die Werte h_1' und h_2' gefunden werden.

Spalte 28 bis 34 geben die Berechnung der Ablaufzeiten für eine Anfangsgeschwindigkeit $v_o = 0{,}6$ m/sec. Bei den geringen Geschwindigkeiten sind die Teilstrecken $s_{m,n}$ entsprechend klein gewählt und die Werte h (Spalte 30) aus einer besonderen gemäß Anlage 1 durchgeführten graphischen Untersuchung abgegriffen.

Die Untersuchungen, die auch zeichnerisch ausgeführt werden könnten, wurden aus dem Grunde rechnerisch durchgeführt, weil sie zur Gewinnung von Vergleichswerten dienten, für welche die Genauigkeit der zeichnerischen Methode nicht mehr genügt. Da die rechnerische Methode unter Benützung des Rechenschemas auch schneller zum Ziele führt, kommt die zeichnerische

Methode nur gleichlaufend mit der rechnerischen zur Versinnlichung des Rechenvorgangs in Betracht. Jedenfalls ist die sich ergebende Geschwindigkeitshöhenlinie stets in dem Profil aufzutragen, da man an der gezeichneten Linie rechnerische Fehler erfahrungsgemäß leicht erkennt.

Weitere Angaben über die Einschätzung von Laufwiderständen.

Wie aus vorigem ersichtlich, sind die Grenzen für die Einschätzung der Laufwiderstände weit gesteckt. Um weitere Angaben an Hand zu geben, sei auf die bei den Zugwiderstandsversuchen gemachten Erfahrungen hingewiesen, deren Ergebnisse in ihrer Nutzanwendung auf die vorliegende Frage im Folgenden kurz zusammengefaßt werden sollen, wobei namentlich auf amerikanische und französische Ergebnisse zurückgegriffen wurde, die zum Teil in der deutschen Literatur noch nicht veröffentlicht worden sind.

In erster Linie sind die Laufwiderstände beeinflußt durch die Bauart, durch die Baustoffe und die Schmierung der Lager, durch den Achsstand, die Lagerung der Achsen — ob fest oder in Drehgestellen — und das Spiel zwischen Spurkränzen und Schienen. Diese Einflüsse bestimmen gewissermaßen den Grundwert des Laufwiderstandes. Zur Beurteilung der Gesetze, denen mit der Wahl dieser Einzelfaktoren der Grundwert unterworfen ist, soll ausgeführt werden:

1. Eine aus Versuchen von Barbier auf der französischen Nordbahn in den 90er Jahren gewonnene Tabelle 5, die den Widerstand von Wagen mit Drehgestellen mit dem von Wagen mit festen Achsen vergleicht und zu dem Resultat führt, daß Wagen mit Drehgestellen etwa 25% geringere Reibungswiderstände aufweisen.

Tabelle 5.

Geschwindigkeit kg/std	Widerstand in kg/t	
	feste Achse	Drehgestell
56	4	3
64	4,6	3,5
72	3,2	4
80	5,9	4,5
88	6,7	5,2
96	7,5	5,8
104	8,4	6,5
112	9,3	7,4

Cole Railroad Age Gazette 1909, S. 363

2. Eine Formel, die Carus Wilson in Proceedings of the Institution of Civil Engineer London, Dezember 1907, aufgestellt hat.

$$R = C \cdot \frac{c}{b} \frac{w}{W} \cdot V$$

wobei

R den durch Reibung zwischen Spurkranz und Schiene erzeugten Reibungswiderstand,
C eine Konstante,
c das Spiel zwischen Spurkranz und Schiene,
b den Radstand,
w das Eigengewicht des Wagens,
W die Nutzlast,
V die Geschwindigkeiten bedeuten.

Dieser Grundwert verändert sich gesetzmäßig unter der Einwirkung der folgenden Faktoren:

1. Temperatur.

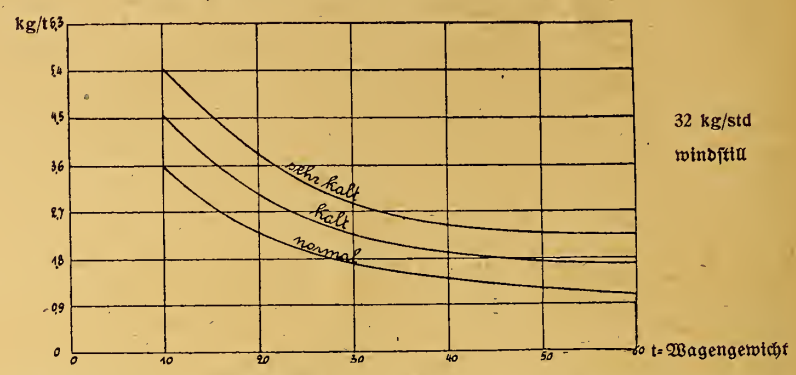
Das in Figur 24 wiedergegebene Schaubild gibt einen Anhalt zur Einschätzung des Temperatureinflusses. Der Einfluß der niederen Temperaturen macht sich vor allem zu Beginn der Bewegung bemerkbar; sogar bei normalen Temperaturen steht ein Fahrzeug zu Beginn seiner Bewegung infolge der durch die Reibung noch nicht erhöhten Temperatur des Schmiermaterials unter dem Einfluß erhöhter Achsreibungswiderstände. Shurtleff gibt in Engineering News 1907, S. 533 diesen Zusatzwiderstand im Mittel zu 1‰ an. Schmidt — Iron Age 1910, S. 448 — fand bei seinem mit vorzüglichen Meßinstrumenten durchgeführten Versuchen, daß der Laufwiderstand etwa nach 16 km auf ein festes Maß zurückgegangen ist. Es folgt daraus, daß man bei Ablaufanlagen allgemein mit erhöhten Laufwiderständen zu rechnen hat.

2. Güte von Oberbau und Bettung.

Übereinstimmend wird der Einfluß von Oberbau und Bettung auf die Wagenwiderstände als unwesentlich bezeichnet. So sagt Carus Wilson:

Figur 24.

Abhängigkeit der Laufwiderstände von Temperatur und Wagengewicht.



Truck resistance is a negligable quantity for trains running more than 10 milles per hour and may be neglected except in the case of a single coach. Denninghoff sagt in Glasers Annalen 1906, S. 229: Wenn es auch keinem Zweifel unterliegt, daß der Widerstand, den das Gleis verursacht, umso geringer wird, je sicherer und genauer das Gleis liegt, so kann er doch an sich nur unbedeutend sein, denn bei Versuchsfahrten mit den Schnellbahnwagen auf dem anfangs vorhandenen nicht genügend widerstandsfähigen Oberbau und auf den später eigens für Versuchsfahrten hergestellten, besonders kräftigen Oberbau konnte ein Unterschied des Widerstandes in dieser Beziehung nicht festgestellt werden.

3. Wagengewicht.

Aus einer Reihe von Abhandlungen und Versuchen, die übereinstimmend feststellen, daß der Laufwiderstand mit zunehmenden Wagengewicht sinkt, sei nur Tabelle 6 aus einer Abhandlung:

Resistance of empty and loaded coal cars in Railroad Gazette, April 1899, S. 262

Tabelle 6.

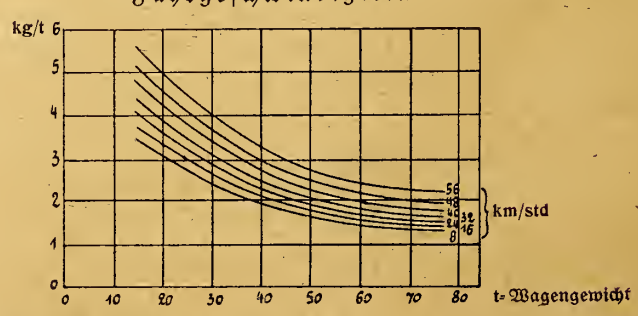
Abhängigkeit der Laufwiderstände von den Wagengewichten. Wagengewicht aus Zeile 2 und 3.

	beladene Wagen						unbeladene Wagen	
Geschw. in km/Std.	16,7	12	11,9	28,2	23,6	24,3	20,7	20,3
Zuggew. in 1000 t	2,64	2,27	1,9	2,26	2,64	2,28	1,04	0,99
Zahl der Wagen	65	54	46	56	67	57	90	90
Windwst. in kg/t	0,0159	0,009	0,009	0,05	0,038	0,04	0,32	0,32
Gesamtwst. in kg/t.	1,6	1,68	1,76	1,85	1,9	1,96	4,15	5,3
Laufwst. in kg/t	1,6	1,60	1,70	1,80	1,9	1,90	3,8	5

und Figur 25 aus dem Aufsatze von Schmidt in Iron Age 1910, S. 448, wiedergegeben.

Figur 25.

Abhängigkeit der Zugwiderstände vom Wagengewicht und der Fahrgeschwindigkeit.



In Tabelle 6 sind die überschläglichen Windwiderstände von den Gesamtwagenwiderständen abgezogen worden, unter Zugrundelegung eines Äquivalentwertes von 0,5 qm pro beladenem Wagen und von 1,62 qm pro leerem Wagen. Die geringen Windwiderstandswerte zeigen den geringen Einfluß des Windes bei großer Wagenzahl und kleinen Geschwindigkeiten.

4. Geschwindigkeit.

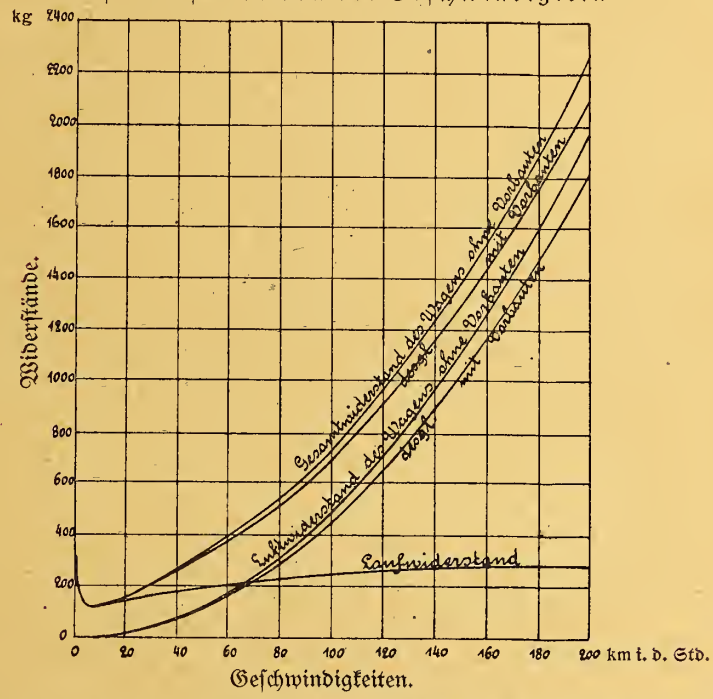
Thurston sagt in Friction and Lost Work von der Achsreibung: Der Reibungswiderstand verändert sich mit der Geschwindigkeit, fallend mit wachsender Geschwindigkeit und zwar schnell bei geringen Geschwindigkeiten zwischen 0,3 und 3 m/sec, langsam sobald höhere Geschwindigkeiten erreicht sind.

Auch die Reibung der Spurkränze soll nach der auf S. 33 mitgeteilten Formel von Carus Wilson mit der Geschwindigkeit wachsen. Mit diesen theoretischen Betrachtungen stimmen die von Denninghoff aus den gemessenen Gesamtwiderständen durch Abzug der Windwiderstände festgestellten Laufwiderstände überein.

Wie Fig. 26 zeigt, wachsen dieselben in geringem Maße mit der Geschwindigkeit und sind bei 1,4 m/sec am geringsten. Stucky setzt in Railroad Age Gazette 1919, S. 981 diesen geringsten Wert bei 13 km/std an, Shurtleff in Engineering News 1907, S. 530 bei 3 m/sec. Unterhalb dieser Geschwindigkeiten steigt der Reibungswiderstand bis zum Maximalwert, dem Anlaufwiderstand.

Fig. 26.

Abhängigkeit der aus den Gesamtwiderständen durch Abzug der Luftwiderstände errechneten Laufwiderstände von der Geschwindigkeit.



Anlaufwiderstand.

Über den Anlaufwiderstand sagt Shurtleff in Engineering News, 1907, S. 530: „Die Messungen mit Dynamometer zeigen in einer Reihe von Fällen, daß der persönliche Faktor des Lokomotivführers bei der Messung eine große Rolle spielt. Beim Versuch, die Wagen mit einem Ruck in Bewegung zu bringen, sprang der Registrierstift auf einen Punkt, der einem Widerstand von 11,3 kg/t entsprach. Derselbe Zug ist an anderen Stellen bei sorgfältiger Handhabung der Lokomotive mit ungefähr der Hälfte dieses Widerstandes in Bewegung gesetzt worden. Will man Züge mit dem geringstmöglichen Widerstand in Gang bringen, so darf

Tabelle 7.
Anlaufwiderstände.

Wagenzahl	Wagengewicht t	Anlaufwiderst. in kg/t max.	min.	mitt.
34	39,8	7	5,6	6,4
38	40,2	7,2	4,8	6,05
39	40,6	7,9	4,85	6,1
41	29,8	6,8	5,2	6,0
42	30,1	7,4	5,35	6,5
43	38,7	6,5	6,2	6,35
44	28,9	8,3	5,7	7,1
45	27,3	8,1	5,9	7,0

man nicht die gesamte Masse mit einem Mal in Gang setzen. Daraus folgt, daß eine gegebene Tonnenzahl in 40 Wagen mit einer geringeren Maximalzugkraft in Bewegung gesetzt werden kann, als wenn sie in 20 Wagen verladen ist unter der Voraussetzung, daß die Kuppelungen lose hängen. Die in Tabelle 7 wiedergegebenen Messungen von Anlaufwiderständen beziehen sich auf horizontales Gleis.

In einigen Fällen hatte der Zug über Nacht gestanden und war eingefroren, so daß der Anlaufwiderstand mehr als 13,6 kg/t betrug. Temperatur und Länge der Zeit während der ein Zug still steht, beeinflussen den Anlaufwiderstand wesentlich. In einigen wenigen Fällen, in denen das Stillstehen nur Augenblicke dauerte, wurde das Anfahren mit 2,7 kg/t zusätzlicher Zugkraft bewirkt. Oberhalb der Frostgrenze kann der Anlaufwiderstand eines gewöhnlichen Zuges auf geradem Gleis mit 6 kg/t angegeben werden."

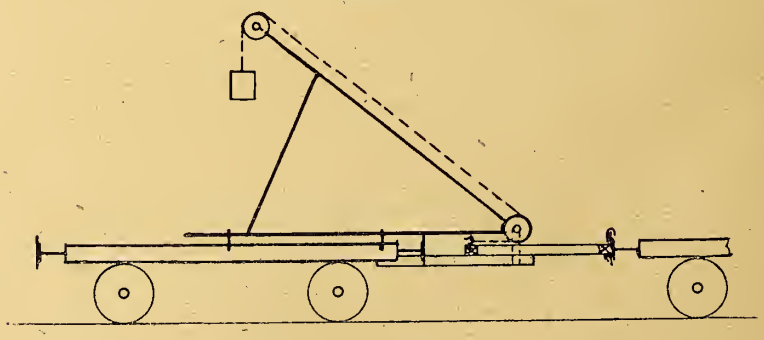
Diese Ausführungen Shurtleffs lassen deutlich zwei für die Beurteilung der Anlaufwiderstände wichtige Faktoren erkennen: die Beschleunigungskräfte und die Stoßkräfte.

Während Laufwiderstände sich auf einen gleichförmigen Bewegungszustand beziehen, ist in einem Anlaufwiderstand stets eine Beschleunigung enthalten, die bei Wagengruppen, die von einer Lokomotive in Gang gesetzt werden, stark durch die persönliche Geschicklichkeit des Lokomotivführers beeinflußt werden.

Bei den Versuchen Aspinalls — Minutes of proceedings of the institution of civil Engineers, Bd. 157, S. 180 — ist dieses persönliche Moment ausgeschaltet und damit ein Wert gefunden für den natürlichen Anlaufwiderstand. Bei diesen Versuchen wurde eine Wagengruppe von 5 Drehgestellwagen und dem Dynamometerwagen auf eine Neigung von 1 : 132 gestellt und dem Einfluß des Windes und der Schwerkraft ausgesetzt. Die Wagen blieben bei einem leichten Wind von schräg vorn stehen, kamen aber bei einem Wind von 10 km/st senkrecht zur Fahrtrichtung in Bewegung. Es folgt daraus, daß der natürliche Anlaufwiderstand etwas geringer als 1 : 132 oder 7,6 ‰ war.

Allgemein gibt Aspinall den natürlichen Anlaufwiderstand zu 7,7 kg/t an.

Fig. 27



Bei einem Besuch des Bahnhofs Dresden-Friedrichstadt stellte Verfasser fest, daß in den 1 : 100 geneigten Richtungsgleisen, in denen die Wagen am oberen Ende angehalten und in Gruppen unter Bremsbesetzung in den unteren Teil hinuntergelassen werden, die Wagengruppen stets von selbst anlaufen, daß man nur bei Einzelwagen und starkem Gegenwind im Winter die Beobachtung gemacht hat, daß Wagen stehen bleiben. Es folgt daraus, daß unter normalen Umständen der natürliche Anlaufwiderstand beträchtlich unter 10 ‰ liegt.

Vergleicht man nun diese natürlichen Anlaufwiderstände mit den von Shurtleff angegebenen, so findet man, daß sie trotz der geringen Beschleunigungen größer sind, als die Shurtleff'schen. Der Grund dafür liegt darin, daß bei der Versuchsanordnung Shurtleffs erhebliche Stoßkräfte nacheinander zwischen den Wagen auftreten, bei der andern nicht, und daß der nach Überwindung des Anlaufwiderstandes eines Wagens von diesem auf den nächsten Wagen ausgeübte Stoß die noch zur Überwindung von dessen Anlaufwiderstand notwendige Kraftaufwendung vermindert und so fort.

Wie Shurtleff sagt und wie es auch aus der Praxis des Lokomotivführers bekannt ist, ist es leichter, einen langen Zug als einen kurzen Zug vom selben Gewicht in Bewegung zu setzen, da bei lose gekuppelten Zügen die lebendige Energie der vorderen bereits in Bewegung gesetzten Wagen die Zugkraft der Lokomotive unterstützt.

Um diese Verhältnisse zu klären hat Verfasser anfangs 1914 auf dem Bahnhof Hamborn einige Versuche gemacht.

Versuchsordnung I, Figur 27, bestand aus einem leichten Wagen auf den ein an seinem Fußende durch Verbindungszangen gefaßtes Dreibein mit seiner Seitenfläche so befestigt war, daß seine Spitze etwa 3 m über den Wagenkopf vorstand; die Spitze und das Ende des freiragenden Beines trugen leichtgängige Rollen, über die ein Drahtseil geführt war, an dessen oberem Ende Gewichte angebracht werden konnten. An der Spitze war ferner ein mit dem Kopfbrett des Wagens festverbundener Tragrahmen befestigt, der als Gleitlager diente für das Querhaupt eines viereckigen Rahmens, dessen zweites Querhaupt mit den Puffern des zu messenden Wagens verbunden wurde. In der aus der Skizze ersichtlichen Weise griff das Drahtseil an diesem Rahmen an.

Gleitflächen und Rollen waren gut geschmiert, sodaß die Reibungsverluste innerhalb der Versuchsanordnung gering blieben. Dieser Wagen war mit der Rangierlokomotive fest verkuppelt.

Die Wirkungsweise war die:

Die Gewichte drückten durch Vermittelung des Seiles und des Rahmens gegen den zu untersuchenden Wagen.

Die Versuchsverfahren waren folgende:

1. Bei stehender Lokomotive wurden soviel Gewichte aufgelegt, bis der zu messende Wagen sich in Bewegung setzte.
2. Die Lokomotive drückte den Dynamometerwagen gleichmäßig langsam an: das mit gleichmäßiger Geschwindigkeit hochgehende Gewicht wurde solange vermehrt, bis der Versuchswagen in Bewegung kam.

Aus 1. und 2. ergaben sich die Anlaufwiderstände.

3. Die Lokomotive drückte alsdann mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von etwa 5 km/std denselben Wagen weiter. Das Gewicht wurde so belastet, daß es in Schwebe blieb.

Aus 3. berechnete sich der Gesamtwiderstand (Bewegungswiderstand).

4. Die Wagengruppen wurden zuerst fest aneinander gestellt und dann der Anlaufwiderstand gemessen, darauf wurden die Wagen mit angemessenen Zwischenräumen zwischen den Puffern einer nochmaligen Messung unterworfen.

Einige Meßergebnisse sind in Tabelle 8 wiedergegeben.

Tabelle 8.

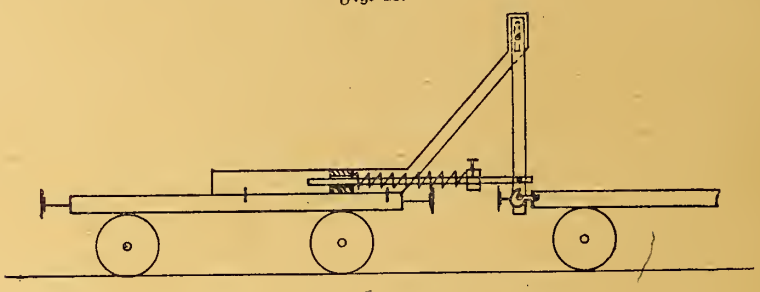
Lfd. Nr.	Wagengewicht in t	Anlaufwiderstand kg/t			Gesamt-Wagenwiderstand kg/t	Anfahrw. kg/t
		Vers. 1 Lok. steht	Vers. 2 Lok. fährt	Mittel		
1	6,8	—	—	8,8	2,45 *)	3,6 *)
2	8,8	8,5	7,4	7,95	3,5	2,2
3	9,06	16,9	6,7	11,8	3,5	3,4
4	18	—	3,6	—	2,7	1,3
5	21	—	5,1	—	2,9	1,8
6	23	—	8,7	—	2	4,3
7	48	3 Wagen dicht		9,6		
		locker		3,25		
8	73,7	4 Wagen locker		2,7		

*) Ungenau. Der Gesamtwiderstand ist nicht unter 4 ‰ einzuschätzen.

Um weiteren Einblick vor allem in die Einwirkung der Stoßkräfte auf die Verminderung der Anlaufwiderstände und objektive Aufzeichnungen zu gewinnen, wurde die in Figur 28 dargestellte Versuchsanordnung hergestellt.

Auf einem leichten Arbeitswagen ist ein aus 2 Winkeleisen bestehendes Gestell montiert, das etwa 2 m über die Stirnseite hinausragt und an diesem Ende ein Langloch hat, in dem der Querbolzen einer vertikalen Stange eine vertikale Bewegung ausführen kann. Diese vertikale Stange trägt an ihrem unteren Ende eine Einrichtung, durch die sie bequem mit dem Zughaken eines Wagens verbunden werden kann und wird gelenkig gefaßt von einem Rundeisen, das in einem um eine horizotale Achse zwischen den Gestellwinkeln drehbaren Ring gleitet. Fest mit diesem Ring verbunden ist eine Spiralfeder, die an ihrem anderen Ende durch eine Klaue an das Rundeisen festgeschraubt ist. Die Bewegung des Rundeisens wird vermittelst Schnur und Schreibstift auf einem Papierstreifen aufgeschrieben, der in einem bestimmten Verhältnis zu dem vom Fahrzeug zurückgelegten Wege abrollt, und zu dessen Bewegung die Bewegungen des Stifts senkrecht sind. Dieser Feder-Dynamometerwagen wurde zwischen den zu untersuchenden Wagen und den Gewichts-Dynamometerwagen zwischengeschaltet.

Fig. 28.



Die Wirkungsweise war die:

Das Gewicht drückte den Feder-Dynamometerwagen gegen den Versuchswagen, und dieser schrieb die von der Feder auf den Versuchswagen ausgeübten Drucke in ihrer Abhängigkeit vom Wege auf.

Die Diagramme in Anlage 11 sind auf diese Weise gewonnen worden, und zwar Diagramm a mit einer schwachen Feder, b, c und d mit einer starken Feder. Die Nullinie gibt die Federspannung O an. Um zum Vergleich für jede Versuchsanordnung auch den mittleren Wagenwiderstand zu erhalten, drückte nach Beendigung der in der Anlage 11 dargestellten Anlaufversuche die Lokomotive mit einer Geschwindigkeit von etwa 1,5 m/sec gleichmäßig durch. Der dabei aufgezeichnete Wert ist gemittelt und in den Diagrammen punktiert aufgetragen.

a) Gibt ein Bild des natürlichen Anfahrwiderstandes, der, sobald eine geringe Bewegung eingetreten ist, auf ein Maß fällt, das unbedeutend größer ist als der gewöhnliche Laufwiderstand. (5 Versuche).

Versuch d) ist mit den Wagen der Versuche zu b) und c) ausgeführt worden. Ein Vergleich zeigt, daß die Druckkraft der Feder zur Überwindung der Bewegungswiderstände bei 5 Wagen gleich der Summe der Federdruckkräfte ist, die bei ebendenselben Wagen aufzuwenden sind, wenn sie in Gruppen von 2 und 3 Wagen zusammengefaßt werden, daß aber die zur Überwindung des Anfahrwiderstandes der Gesamtgruppe aufzuwendende Federdruckkraft erheblich geringer ist, als die Summe der Druckkräfte, die zur Überwindung des Anfahrwiderstandes jeder der beiden Gruppen notwendig sind. Die als Erklärung hierfür anzusprechende Stoßwirkung des ersten Wagens gegen den zweiten, des ersten und zweiten Wagens gegen den dritten usw. ist deutlich aus dem Diagramm b zu ersehen.

Der Anlaufwiderstand ist daher so zu beurteilen:

Der natürliche Anlaufwiderstand setzt sich zusammen aus einem durch besondere Reibungsverhältnisse der Ruhe bedingten Wagenwiderstand und Beschleunigungskräften. Der Kraftaufwand zu seiner Überwindung ist erheblich, der Arbeitsaufwand aber gering. Er wird namentlich bei Wagen-

gruppen, die durch eine äußere Kraft in Bewegung gesetzt werden, in erheblichem Maße durch kinetische Energie geleistet. Er ist im Mittel das zwei- bis dreifache des Laufwiderstandes.

Laufwiderstand von Kugellagerwagen.

Es soll nicht unterlassen werden, zum Vergleich auf die von den schwedischen Staatsbahnen angestellten Versuche an mit Kugellagern ausgestatteten Erzwagen hinzuweisen*). Sie ergaben, daß die Anfahrwiderstände dieser Kugellagerwagen nicht größer sind als ihre Laufwiderstände, daß letztere etwa um $^1/_3$ kleiner sind, als die Laufwiderstände von Gleitlagerwagen, und daß sowohl Anfahr- wie Laufwiderstand der Kugellagerwagen unabhängig sind von Außentemperatur und Wagengewicht.

Die Bedeutung der Kugellager für den Eisenbahnbetrieb liegt zwar in erster Linie auf dem Gebiete der Zugförderung in der Verringerung der Förderkosten und der Erhöhung der Betriebssicherheit durch Fortfall der Anfahrschwierigkeiten. Weniger in die Augen fallend ist die Bedeutung der Kugellager für das Rangieren mit Schwerkraft.

Während, wie auf Seite 36 näher ausgeführt ist, infolge der erhöhten Anfahrwiderstände der Gleitlagerwagen Gleise, aus denen die Wagen aus eigener Kraft wieder weiterrollen sollen, in Gefälle $\geqq 7{,}5\,‰$ gelegt werden müssen, sodaß die in Bewegung befindlichen Wagen mit im Mittel $2{,}5‰ - 4{,}5‰$ Bewegungswiderstand betriebsgefährliche Beschleunigungen erfahren, würde bei Kugellagerwagen ein Gefälle von $\geqq 4‰$ genügen, also wenig mehr als zur Überwindung der Bewegungswiderstände erforderlich ist. Somit ergäbe die Verwendung von Kugellagern statt Gleitlagern für den Bau und Betrieb von Ablaufanlagen mit Schwerkraftbetrieb zunächst kleinere Gefällhöhen und damit geringere Baukosten; ferner ergäbe sich infolge der Unempfindlichkeit der Laufwiderstände der Kugellager gegen differenzierende Einflüsse, wie Temperatur und Wagengewicht, und der daraus folgenden Größengleichheit der Laufwiderstände, daß mit Einführung der Kugellager die Ablaufanlagen überhaupt betriebssicherer und billiger arbeiten würden.

*) Glasers Annalen 1920, Bd. 86, Heft 2.

Kapitel V.

Ausbildung der Grundanordnung nach dem Gesichtspunkt der Leistungsfähigkeit.

Auf der Grundlage der Kenntnis

der physikalischen Gesetze, denen die Bewegungswiderstände der ablaufenden Fahrzeuge unterworfen sind,

der mathematischen Ableitung der Bewegungsvorgänge aus diesen Gesetzen und

der Eigenschaften der vorhandenen technischen Hilfsmittel zur Erzeugung oder Steuerung dieser Bewegungen

soll im Folgenden untersucht werden, welche zweckmäßigste Ausbildung die Grundanordnung erfahren muß.

Ableitung grundsätzlicher Forderungen für die Profilwahl und die Betriebsweise.

Aus den physikalischen Bewegungsgesetzen der ablaufenden Fahrzeuge ergeben sich Gesichtspunkte, die grundsätzlich für alle Ablaufanlagen bindend sind, und aus denen im Folgenden einige Schlüsse gezogen werden.

Gruppenweises Zusammenfassen der ablaufenden Wagen.

Die grundsätzlichen Schwierigkeiten für den Betrieb von Ablaufanlagen liegen in der Verschiedenheit der Widerstände der Abläufe eines zu zerlegenden Zuges untereinander sowohl bei denselben Wind- und Temperaturverhältnissen als auch in noch höherem Maße bei verschiedenen Wind- und Temperaturverhältnissen.

Tabelle 9.

Verschiedenheiten der Windwiderstände und der Lauf- und Windwiderstände bei verschiedenen Wind- und Temperaturverhältnissen.
(Eigengeschwindigkeit unberücksichtigt, Vw_a = Geschwindigkeit der Außenluft.)

	$Vw_a = 0$ m/sek.			$Vw_a = -6$ m/sek.			$Vw_a = +6$ m/sek.		
	w	φ + w		w	φ + w		w	φ + w	
		Temperatur			Temperatur			Temperatur	
		normal	tief		normal	tief		normal	tief
	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰
1 leerer G	0,5	5,0	9,5	4,4	8,9	13,4	— 0,5	4,0	8,5
1 beladener O	0	2,8	5,6	0,9	3,7	6,5	0	2,8	5,6
2 leere G	0,3	4,5	8,7	2,9	7,1	11,3	— 0,3	3,9	8,1
2 beladene O	0	2,5	5,0	0,6	3,1	5,6	0	2,5	5,0
3 leere G	0,1	4,2	8,3	2,0	6,1	10,2	— 0,1	4,1	8,1
3 beladene O	0	2,4	4,8	0,4	2,8	5,2	0	2,4	4,8
5 leere G	0	3,9	7,8	1,1	5,0	8,9	0	3,9	7,8
5 beladene O	0	2,2	4,4	0,3	2,5	4,7	0	2,2	4,4
10 leere G	0	3,3	6,6	0,8	4,1	7,4	0	3,3	6,6
10 beladene O	0	1,6	3,2	0,2	1,8	3,4	0	1,6	3,2

Wie Tabelle 9 und Anlagen 6, 7 und 12 beweisen, sind die Windwiderstände in erheblichem Maße von der Wagenzahl des Ablaufs abhängig. Ihre Verschiedenheiten verringern sich mit dieser. Dasselbe gilt von den reinen Laufwiderständen, da Ablaufgruppen in den seltensten Fällen nur aus guten oder nur aus schlechten Läufern, sondern meist aus Wagen mit verschieden großen Laufwiderständen bestehen und daher meist einen Laufwiderstand mittlerer Größe haben. Gruppenabläufe haben somit erheblich weniger unter der Verschiedenheit der Widerstände zu leiden wie Einzelabläufe. Daraus folgt, daß der Ablaufbetrieb möglichst mit Gruppenabläufen arbeiten sollte.

Ein Beispiel der Nutzanwendung stellt die Zwischenhemmung bei Ablaufanlagen mit durchgehendem Gefälle dar, die bekanntlich darin besteht, daß man zunächst die ablaufenden Wagen in — meist 2 — Hauptgruppen zerlegt. Da hierbei die Laufweiten verhältnismäßig gering sind, können die Verschiedenheiten der Widerstände nur entsprechend wenig stören. Bei der alsdann einsetzenden weiteren Zerlegung sind in jeder Hauptgruppe mehr Gruppenabläufe vorhanden, als wenn die vorherige Zerlegung nicht stattgefunden hätte.

Als weiteres Beispiel sei das gruppenweise Ablassen der bei Bahnhöfen mit durchgehendem Gefälle an den oberen Enden der Richtungsgleise gesammelten Wagen unter Bremsbesetzung in den unteren Teil dieser Gleise angeführt. Wenngleich dieses Arbeitsverfahren in erster Linie die Vereinfachung der Bremsarbeit bezweckt, so zeigt es andererseits klar den Grundsatz, die Wagen nur solange einzeln laufen zu lassen, als die Zerlegung es erfordert, und sie sofort nach erfolgter Zerlegung für den weiteren Lauf zusammenzufassen. Da durch diese Anordnung der freie Ablauf der Einzelwagen nur auf geringe Laufweiten erfolgt, stören die Verschiedenheiten der Widerstände weniger und sind vor allem für den Durchlauf durch die Richtungsgleise unschädlich gemacht. Um diese Vorteile möglichst gruppenweiser Zusammenfassung auch für Ablaufanlagen mit im wesentlichen horizontalen Richtungsgleisen auszunutzen, dürfte sich der Versuch empfehlen, hinter die Weichenzone eine Steilrampe anzuordnen, an die sich das Richtungsgleis mit geringem Gefälle anschließt.

In Anlage 13 stellt das Profil g eine Ablaufanlage mit Steilrampe innerhalb der Sammelgleise dar. Die Gesamtablaufhöhe ist unterteilt. Die erste Steilrampe hat den Zweck, die Rangiergänge genügend auseinander zu ziehen, damit die Weichen mit Sicherheit umgestellt werden können. Ihre Höhe ist so zu bemessen, daß ein flottes Arbeiten gewährleistet ist. Am Ende der dieser Höhe entsprechenden Laufweite schlechter Läufer setzt innerhalb der Sammelgleise die zweite Steilrampe an, die etwa 0,8 bis 1,00 m hoch ist und an die sich der Rest des Sammelgleises mit geringem Gefälle anschließt.

Der Ablauf erfolgt in 2 Stufen: vom Ablaufpunkt bis in die zweite Steilrampe und von dieser in Gruppen weiter. In der ersten Stufe laufen die Wagen auch einzeln, in der zweiten nur in Gruppen und zwar je nach der Größe ihrer Widerstände in größeren oder kleineren Gruppen, die innerhalb der Steilrampe gesammelt werden. Die für das Profil g aufgetragenen Zeitwegekurven*) dieser zweiten Stufe für einen leeren G-Wagen, 2 leere G-Wagen, 3 leere G-Wagen zeigen die Verbesserung der Laufweite mit der Vergrößerung der Gruppe und die größere Unempfindlichkeit gegen wechselnde Einflüsse.

Die Betriebsweise ist folgende:

Innerhalb der ersten Stufe werden die Wagen durch eine Talbremse so vorgebremst, daß sie mit nur geringer Geschwindigkeit in die zweite Steilrampe einlaufen. Bei ungünstigen Ablaufverhältnissen werden die Wagen in der Steilrampe angesammelt und laufen dann gruppenweise aus letzterer weiter — wie in Anlage 13 dargestellt — bei günstigeren Widerstandsverhältnissen werden soviel Wagen unter Bedienung der Gleisbremsen in den unteren Teil des Sammelgleises heruntergelassen, als durch die schließlich in der Steilrampe angesammelten Wagen bestimmt durchgedrückt werden können. Verschlechterung der Widerstände wird also durch Bildung kürzerer Gruppen wieder ausgeglichen. Als Bremsmittel kommen für die Steilrampe ausschließlich ferngesteuerte Bremsschienengleisbremsen, zweckmäßig in 3 Teillängen unterteilt, in Frage. Als Vergleich sind in Anlage 13 für dieselben Wagen die Zeitwegekurven für ein Profil mit zusammenhängender Steilrampe und gleicher Ablaufhöhe aufgetragen.

Die Vorteile der Steilrampe sind:

1. Die Gesamtablaufweite wird in Teile zerlegt; der vordere bis zur Steilrampe wird von Fahrzeugen mit erheblich verschiedenen Gesamtwiderständen befahren, die aber durch eine zum Zwecke flotten Ablaufs stets genügend hoch zu bemessende Ablaufhöhe

*) Wegen der Bezeichnungen siehe Seite 44.

und geeignete Gleisbremsen mit Sicherheit ausgeglichen werden; die den hinteren Teil, die eigentlichen Richtungsgleise, befahrenden Fahrzeuge werden in einem Umfang zu Gruppen zusammengefaßt, wie es durch die Verschiedenheiten der Widerstände und die zu erzielenden Laufweiten nötig erscheint.

2. Jeder einzelne dieser Teile ist so groß, daß durch Vorbremsung die Laufweite der Abläufe mit genügender Sicherheit bemessen werden kann.
3. Schlechte Läufer werden mit folgenden Wagen zu Gruppen zusammengefaßt und dadurch ein vorzeitiges Stehenbleiben innerhalb der Richtungsgleise vermieden.
4. Die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge bleiben durch die Zerlegung der Gesamtablaufhöhe in mäßigen Grenzen, sodaß eine Verminderung der Wagenbeschädigungen zu erhoffen ist.

Windschutz.

Die Untersuchungen über die Windwiderstände, z. B. Figur 20, zeigen den ausschlaggebenden Einfluß des Windes namentlich bei Gegenwind, weil hierbei die Geschwindigkeit des Windes relativ zum Fahrzeug gleich der Summe der Geschwindigkeiten der Außenluft und der Eigengeschwindigkeit des Fahrzeugs ist, während bei Rückenwind die Differenz der beiden Geschwindigkeiten für den Winddruck maßgebend ist — vergl. Tabelle 9 und Anlage 12 — und demgemäß auch die Verschiedenheiten der Windwiderstände erheblich kleiner sind. Daraus folgt für den Bau von Ablaufanlagen der Grundsatz, daß der Ablauf möglichst in der vorherrschenden Windrichtung erfolgen sollte, namentlich dann, wenn die Anlage der Einwirkung des Windes stark ausgesetzt ist, wie bei Anlagen auf hohen Dämmen. Namentlich in Tälern ist daher das Studium der vorherrschenden Windrichtung wichtig, umsomehr, als hier die Möglichkeit gegeben ist, Berghänge als Windschutz auszunutzen. Auch durch Anlage lang gestreckter Bauwerke, z. B. Güterhallen, kann ein wirksamer Windschutz erzielt werden.

Verminderung der Störungen des Ablaufbetriebs infolge tiefer Temperatur.

Der unzuverlässige und langsame Betrieb der Ablaufanlagen im Winter ist in erster Linie auf die Erhöhung der Laufwiderstände infolge der Abkühlung der Schmiermittel bei tiefen Außentemperaturen zurückzuführen. Man hat sich gelegentlich durch Anwärmen der Achslager oder durch Zugabe von Petroleum kurz vor Ablauf zu helfen gesucht. Gründliche Abhilfe kann aber allein durch Vermeidung der Abkühlung der Schmiermittel geschaffen werden.

Auch bei tiefen Außentemperaturen beträgt die Schenkelwärme eines in Fahrt befindlichen Güterzuges im Mittel 30°. Erst durch Stillager vor dem Ablauf sinkt sie unter dem Einfluß der tiefen Außentemperatur auf ein Maß herunter, daß eine Erhöhung der Laufwiderstände eintritt. (Vergl. Fig. 23.) Die Aufgabe besteht daher darin, dieses Stillager vor dem Ablauf der Wagen möglichst abzukürzen.

Daraus folgt die Notwendigkeit, die Ablaufanlagen so auszubilden, daß ankommende Züge ohne weiteren Aufenthalt zum Ablauf kommen. Es genügt nicht, für die Zeiten ausgesprochenen Frostes Anweisungen zu geben, daß ankommende Züge sofort behandelt werden müssen. Die Einwirkung der Temperatur, die beim Frost zum vollständigen Versagen der Anlage führen kann, macht sich auch schon im Herbst und im Frühjahr und sogar bei kühlen Morgen störend bemerkbar. Daher ist eine der wichtigsten Forderungen die, daß sämtliche Züge *stets* sofort nach Ankunft zum Ablauf kommen. Daraus folgt

1. daß die Ablaufanlage so flott wie möglich arbeiten sollte und, unabhängig von der Tagesleistung der Ablaufanlage, auf die man vielfach irrtümlich glaubt die Leistungsfähigkeit einer Ablaufanlage beschränken zu können, ihre Leistungsfähigkeit innerhalb der wirtschaftlichen Grenzen nicht groß genug gemacht werden kann,
2. daß ankommende Züge sofort in die Zerlegungsgleise einfahren müssen, damit sie sich nicht bei der Überführung vom Einfahrgleis ins Zerlegegleis wieder abkühlen. (Vergl. auch Seite 70.)
3) daß die Zugübernahme, also im wesentlichen die Prüfung der Plomben, der Vergleich der Frachtbriefe mit den Wagenanschriften und nötigenfalls die Neubeschreibung von Fahrzeugen, möglichst

als Nebenbetriebshandlung siehe S. 3 erfolgt. Bei scharfer Handhabung der Bestimmung, daß die Begleitpapiere in der Reihenfolge der Wagen geordnet zu übergeben sind, ist es durchaus möglich, vorstehende Handlungen durch 2 Zugabfertiger am zurollenden Zug vorzunehmen. Natürlich muß alsdann auch dafür gesorgt sein, daß der Rangiermeister die Gleisnummern durch Spiegelfelder oder Gleismelder unmittelbar an die Stellwerkswärter und Bremswärter übermitteln kann.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die schädliche Wirkung von Betriebspuffergleisen als Einfahrgleise hingewiesen, insofern sie zur Aufstellung von Zügen bei besetzten Sammelgleisen dienen sollen. Bei dieser Sachlage wird die Anlage weiterer Sammelgleise statt dieser Puffergleise in Verbindung mit einer Verbesserung der Ablaufanlagen grundsätzlich die bessere Lösung sein.

Endlich sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß bei Anlage eines Verschubbahnhofs darauf Rücksicht genommen werden muß, daß die Ablaufrichtung nach Norden bis Osten deswegen ungünstig ist, weil Nord- und Ostwind besonders tiefe Temperaturen bringen und für diese Anlagen somit Gegenwind mit besonders tiefen Temperaturen zusammenfallen.

Rechnerische Untersuchung.

Weitere Anhalte für die Beurteilung von Ablaufanlagen bietet der Vergleich verschiedener Ausbildungsformen unter Zugrundelegung der Vergleichsmaßstäbe der Zeit und der Kosten. Im folgenden soll zunächst der Zeitmaßstab angelegt werden. Es ist aber dabei zu berücksichtigen, daß eine scharfe Unterscheidung zwischen Zeitaufwand und Kosten einer Betriebshandlung nicht möglich ist, da der Zeitaufwand stets zum mindesten ein maßgebender Faktor der Kosten ist. Das gilt vor allem bei Nebenbetriebshandlungen. (Siehe Seite 3.) Bei Hauptbetriebshandlungen kann der Zeitaufwand eine selbständigere Bedeutung haben als Maßstab der Leistungsfähigkeit.

Die Untersuchungen stützen sich auf die in Kapitel III und IV vermittelte Erkenntnis und vergleichen bestimmte Anordnungen miteinander dadurch, daß für sie besonders gekennzeichnete Ablaufvorgänge berechnet und die Ergebnisse dieser Berechnungen mit einander verglichen werden. Während die Beobachtung von Ablaufvorgängen sich auf bestimmte, vorhandene Anlagen beschränkt und durch zahllose, zufällige Nebenerscheinungen gestört wird, gestattet diese rechnerische Methode die Vergleichung beliebiger Anordnungen unter Ausschaltung aller störenden Nebeneinwirkungen und ist so durchgebildet, daß die Beurteilung einer Reihe von Einflüssen sich in festen grundlegenden Zahlen ausdrücken läßt. Zwar wird nicht verkannt, daß die Zahlenwerte, auf die sich diese Untersuchungen stützen, eine Reihe von Einflüssen, die sich im praktischen Ablaufbetrieb nicht ausschalten lassen, wie Schleifen der Bremsklötze, außergewöhnlich hohe Achsreibung infolge schadhafter Lager oder schlechter Schmierung, Rauhreif und Schnee u. a. m. unberücksichtigt lassen. Bei geeigneter Unterhaltung stellen die genannten Einflüsse aber Ausnahmen dar, die bei grundsätzlichen Erörterungen auszuschalten sind. Für diese dürfen aber die in Kapitel IV entwickelten Zahlenwerte als genügend zuverlässige Mittelwerte gelten, um so mehr, als es sich bei den meisten Untersuchungen um Vergleiche handelt.

Die Untersuchung erstreckt sich in erster Linie auf die Zerlegung und, damit zusammenhängend, die Zuführung der zu zerlegenden Zuggruppe zum Ablaufpunkt und ihre Ausrüstung mit der bewegenden Kraft.

Der Zeitbedarf dieser Hauptbetriebshandlung hängt im wesentlichen ab

1. von der Laufweite der Fahrzeuge, die für die Zeitverluste, die z. B. durch vorzeitiges Stehenbleiben der Wagen entstehen, bestimmend ist. Ferner gibt die Untersuchung der Laufweite wichtige Aufschlüsse über Betriebsweise und Kosten.
2. von der Zuführungsgeschwindigkeit — auch Abdrückgeschwindigkeit genannt.

Diese beiden mathematischen Begriffe sollen im weiteren als Wertmaßstäbe betrachtet werden. Ihre Auswertung ermöglicht die Zeitwegekurve und die Pufferzeitabstandskurve. Mit diesem Rüstzeug sollen im folgenden Ablaufvorgänge untersucht werden.

Dabei genügt es, von den unendlich vielen nötigen Fällen diejenigen ins Auge zu fassen, die normalerweise den günstigsten bezw. ungünstigsten Fall darstellen, so daß alle anderen normalen Fälle zwischen diesen Grenzfällen liegen.

Demgemäß soll im folgenden als guter Läufer der beladene O-Wagen mit einem reinen Laufwiderstand von 2,8 ‰ (zu Beginn seiner Bewegung), als schlechter Läufer ein leerer G-Wagen mit 4,5 ‰ reinem Laufwiderstand angesehen werden. Gegenwind von 6 m/sec. kann für die westdeutschen Verhältnisse als normalerweise ungünstiger Wind gelten, Rückenwind von gleicher Stärke als derjenige, der den Wagenablauf am stärksten fördert; es ist für letzteren Fall aber durchaus angängig, Windstille als maßgebend anzunehmen. Als ungünstigste Temperatur ist leichter Frost anzunehmen, bei dem durch vollständiges Abkühlen der Schmiermittel der reine Laufwiderstand auf das Doppelte seines Wertes gestiegen ist. *)

Bei der Verbindung dieser verschiedenen Fälle miteinander ergibt sich als günstigster der Ablauf eines beladenen O-Wagens von $\varphi = 2{,}8$ ‰ bei normaler Temperatur und Rückenwind bezw. Windstille, als ungünstigster der eines leeren G-Wagens von $\varphi = 4{,}5$ ‰ bei tiefer Temperatur und Gegenwind von 6 m/sec. Glücklicherweise ist das Zusammentreffen von tiefer Temperatur und Gegenwind verhältnismäßig selten. Es wäre daher unzweckmäßig, diesen Fall als maßgebend zu bezeichnen. Es genügt also im allgemeinen, als ungünstigsten Fall tiefe Temperatur und Windstille anzunehmen oder, besonders wenn für einen baldigen Ablauf der Wagen nach Ankunft Sorge getragen ist, normale Temperatur und Gegenwind von 6 m/sec. Um die Bezeichnung dieser möglichen Fälle zu vereinfachen, ist im folgenden und in den zeichnerischen Anlagen folgendes Schema angewandt:

Die Bezeichnung der Wagen

O = beladener O-Wagen 2,8‰ reiner Laufwiderstand (Anfangswiderstand)
G = leere G-Wagen 4,5‰ reiner Laufwiderstand,
3O = 3 beladene O-Wagen 2,8‰ — 0,4‰ + 2,4‰ reiner Laufwiderstand,
3G = 3 leere G-Wagen 4,5‰ — 0,4‰ = 4,1‰ reiner Laufwiderstand,

erhält als Indices folgende Zeichen mit folgender Bedeutung:

vorn oben + Rücken-
O Kein
— Gegen-
} Wind, bei Fehlen einer Zahlenangabe von 6 m/sec,

vorn unten + normale
— tiefe
} Temperatur, bei Fehlen einer Zahlenangabe bei — sind 100 % Temperaturzuschlag angesetzt,

hinten oben die Zuführungsgeschwindigkeit in m/sec; der Einfachheit halber ist die Zuführungsgeschwindigkeit 0,6 m/sec durch einen ' angedeutet worden;

hinten unten die Bezeichnung des Profils, für das die Kurve gilt.

Es bezeichnet demgemäß

$$\begin{matrix} -3 & 1{,}5 \\ -8 & a \end{matrix} G \quad \text{bezw.} \quad \begin{bmatrix} + & ' \\ + & a \end{bmatrix} 3\,G$$

ein (3) leerer G-Wagen von 4,5‰ (4,1‰) reinem Laufwiderstand läuft bei 3 m/sec Gegenwind und 8° Kälte (6 m/sec Rückenwind und normaler Temperatur) mit 1,5 m/sec (0,6 m/sec) Zulaufgeschwindigkeit über das Profil a ab.

Die Berechnung der Geschwindigkeitshöhen- und Zeitwegkurven

$$\begin{matrix} o' & o' & o' & -' \\ + & + & + & - \\ G_d' & O_d' & 3\,G_b' & G_b \end{matrix}$$

ist in Anlagen 8, 9, 10 nach der im Kapitel IV entwickelten Methode durchgeführt. Der Einfachheit halber wurde bei diesen rechnerischen Untersuchungen gerades Gleis angenommen; bei Weichen und Krümmungen würde noch Spalte 7 auszufüllen sein.

*) In dem Maße, wie Vorkehrung getroffen ist, ankommende Züge baldigst zum Ablauf zu bringen, ist diese Annahme zu ermäßigen.

Gewährleistung genügender Lauffähigkeit. Richtlinien für die Bemessung der Ablaufhöhe.

Als kürzeste Laufweite, hat der Ablaufweg vom Ablaufpunkt bis zum Polizeipfahl am Anfang des Richtungsgleises, als längste derjenige bis zum Pfahl am Ende desselben zu gelten; zwischen diesen beiden Grenzen liegt die jeweils verlangte Laufweite. Der Betrieb gilt als normal, wenn auch schlechte Läufer jeder verlangten Laufweite gerecht werden, er gilt als erschwert, wenn sie der kürzesten Laufweite genügen, er muß als ungenügend bezeichnet werden, wenn sie innerhalb der Weichenzone zum Stillstand kommen. Der erschwerte Betrieb ist dadurch gekennzeichnet, daß Zeitverluste für das Beidrücken der Fahrzeuge entstehen, die aber durch geeignete Maßnahmen, wie geringes Gefälle der Richtungsgleise, Mitnehmen stehengebliebener schlechter Läufer durch nachfolgende gute Läufer unter gleichzeitigem Nachdrücken mit Hand vermindert werden können. Bei ungenügendem Betrieb sperren die innerhalb der Weichenzone steheubleibenden Fahrzeuge sämtliche abbündelnden Fahrwege, verursachen Zusammenstöße, Betriebsunsicherheit und erhebliche Zeitverluste. In welchem Umfang durch die Wahl der Ablaufhöhe auch bei weniger günstigen Witterungsverhältnissen der Eintritt der ungünstigeren Betriebszustände vermieden werden kann, hängt im weiten Maße von der im folgenden dargestellten baulichen Vervollkommnung der Anlage und der Anwendung zweckmäßiger technischer Hilfsmittel ab. Als Mindestforderung dürfte aber gelten, daß bei normaler Temperatur und Windstille auch schlechte Läufer ($\frac{0}{+}$ G) allen verlangten Laufweiten genügen, und daß sie bei Gegenwind ($\frac{-}{+}$ G) und möglichst auch bei Windstille und Frost ($\frac{0}{-}$ G) die Polizeipfähle am Anfang ihres Richtungsgleises freigeben.

Maßnahmen zur Ermöglichung der verlangten Laufweiten.

Wenn einerseits durch genügende Ablaufhöhe die verlangte Ablaufweite sicher gestellt werden soll, so ist dem gegenüberzustellen, daß Bremsarbeit möglichst zu vermeiden ist. Die Schwierigkeit der Aufgabe liegt daher nicht darin, die Ablaufhöhe genügend groß zu machen, sondern darin, gleichzeitig die Bremsarbeit möglichst zu vermeiden. Zur Verminderung der Bremsarbeit können folgende Mittel angewandt werden:

Fahrwege gleicher Laufwiderstände. $\varphi + \rho$

Anlage 12 gibt ein anschauliches Bild der Verschiedenheiten der Laufweiten guter und schlechter Läufer bei den verschiedenen Witterungsverhältnissen für einen krümmungslosen Fahrweg. Für Fahrwege über den krummen Strang von Weichen und über Krümmungen werden sich die Laufweiten entsprechend verkürzen, bezw. wird die Ablaufhöhe größer zu wählen sein. Genügt die Ablaufhöhe für die verlangten Laufweiten einer Fahrt durch zahlreiche Weichen und Krümmungen, so wird die Bremsarbeit für alle anderen Fahrwege um so größer, je mehr sich ihre Laufwiderstände ($\varphi + \rho$) für ihre kürzeste Laufweite von denen dieser ungünstigsten Fahrt unterscheiden. An den Gleisplan ist daher die Forderung zu stellen, daß die Laufwiderstände ($\varphi + \rho$) aller Fahrwege bis zum Polizeipfahl am Anfang der Sammelgleise möglichst gleich sein müssen, damit bei genügender Ablaufhöhe die Bremsarbeiten möglichst klein bleiben. Unter Verkennung dieser Notwendigkeit werden die mittleren Richtungsgleise vielfach an die vorderste Verteilweiche unmittelbar angeschlossen, so daß sowohl ihre Laufwiderstände als ihre kürzesten Laufweiten erheblich kleiner sind als die der äußeren Gleise; eine Vergrößerung der ersten würde eine Verkleinerung der letzten ermöglichen. In der Regel wird das durch Anordnung einer kurzen Weichenstraße mit einem der mittleren Gleise als Stammgleis zu erreichen sein.

Die baulichen Maßnahmen werden zweckmäßig durch betriebliche unterstützt. Man wird zur Vermeidung der störenden Ungleichheit der Wagenwiderstände, namentlich in nebeneinander liegende Sammelgleise, deren vordere Polizeipfähle vom Ablaufpunkt weit abliegen, möglichst nur Wagen ähnlicher Bewegungswiderstände ablaufen lassen und zwar möglichst gute Läufer. Es wäre z. B. falsch, in derartige Gleise leere Wagen ablaufen zu lassen.

Ablaufberg von verschiedener Ablaufhöhe.

Um den schädlichen Einfluß der Witterung auf die Laufweiten abzuschwächen, hat man den Kopf der Ablaufberge im Herbst gehoben und im Frühjahr wieder gesenkt oder ein zweites Ablaufgleis mit einer entsprechend größeren Ablaufhöhe geschaffen. Die letztere Maßnahme ist aus dem Grunde vorzuziehen, weil sie auch im Sommer die Benutzung

der größeren Ablaufhöhe bei Gegenwind ermöglicht, umsomehr, als im allgemeinen ein zweites Zuführungsgleis mit Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit sowieso notwendig ist.

Anlage 16 Figur a zeigt den Einfluß dieser Anordnung auf die Laufweiten.

Wechselnde Ablaufhöhen.

Um aber auch die Ablaufhöhe dem verschiedenen Laufbedürfnis — sei es verursacht durch die Verschiedenheit der Laufweiten oder der Widerstände — der Abläufe ein- und desselben Zuges anzupassen und gleichzeitig, wie weiter unten Seite 53 gezeigt werden soll, die Pufferzeitabstände zu verbessern, empfiehlt sich die Betriebsweise der wechselnden Ablaufhöhen, wie sie z. B. bei Anlagen mit durchgehendem Gefälle üblich ist, jedoch möglichst unter Anwendung eines stärkeren Anfangsgefälles unter Verwendung geeigneter technischer Hilfsmittel zum Festhalten der Fahrzeuge. Erst die Anwendung des stärkeren Anfanggefälles ermöglicht eine wirksame Änderung der Ablaufhöhe. In Anlage 16b ist eine derartige Anordnung für eine Anlage mit ansteigender Zulaufstrecke und ihr Einfluß auf die Laufweiten dargestellt. Die Betriebsweise ist folgende; Die mit dem Zuge gekuppelte vorderste Ablaufgruppe wird kurz vor dem Punkt, dessen Gefällhöhe seinem Laufbedürfnis entspricht, etwa durch ortsfeste Gleisbremse festgehalten, sodaß die Kupplungen sich lockern. Wird alsdann die Kupplung zwischen Ablaufgruppe und Zug ausgehoben, so beginnt mit der Lösung der Bremse der freie Ablauf. Bei dieser Profilausbildung fördern somit die im Gefälle hängenden Wagen bis zum Beginn ihrer freien Ablaufbewegung in wirksamer Weise die Vorwärtsbewegung des nachfolgenden Hauptzugteils. Diese Anordnung hat der besonderer, verschieden hoher Ablaufberge mit festen Ablaufpunkten gegenüber außerdem den Vorteil einer Ersparnis an Baukosten.

Einfluß der Profilausbildung auf die Zeitfolge.

Diese Untersuchungen über die genügende Laufweite beeinflussen die Leistungsfähigkeit nur mittelbar und nur insofern, als bei ungenügenden Laufweiten Zeitverluste zum Zusammendrücken vorzeitig stehengebliebener Wagen entstehen. Die folgenden Untersuchungen befassen sich mit der Leistungsfähigkeit unmittelbar.

Bestimmung der Zuführungsgeschwindigkeit.

Sie gehen aus von der Überlegung, daß die Zeitfolge zwischen 2 Abläufen nicht kürzer sein darf als zum sichern Umstellen der Weichen zwischen den beiden Abläufen erforderlich ist. Diese Zeit soll zunächst in Übereinstimmung mit den bisher üblichen Annahmen zu 4″ angenommen werden. Die in Kapitel II und III gemachten Ausführungen ermöglichen, den Zeitabstand zwischen den hinteren Puffern eines Ablaufs und den vorderen des ihm nachfolgenden für irgend eine Folge von Abläufen anzugeben. Die daraus entstehende Kurve ist die Kurve der nutzbaren Pufferzeitabstände, kurz Pufferzeitabstandskurve, wie überhaupt in folgendem unter Pufferzeitabstand stets der nutzbare Pufferzeitabstand verstanden werden soll. Die von den Pufferzeitabständen auf der Parallelen im Abstand 4″ von der Wegeachse, der 4″ = Linie, abgeschnittene Strecke bezeichnet den Teil des Laufweges, innerhalb dessen liegende Weichen zwischen den beiden ablaufenden Fahrzeugen umgestellt werden können; für alle außerhalb dieser 4″ = Zone liegenden Weichen würde die Zeit zum Umstellen nicht genügen.

Wie Anlage 17 zeigt, hängt unter sonst gleichen Umständen die Länge dieser 4″ = Zone von der Zuführungsgeschwindigkeit ab. Ist daher die Zuführungsgeschwindigkeit so gewählt, daß die 4″ = Zone mit der äußersten Weiche abschließt, so würde jede Steigerung der Zuführungsgeschwindigkeit die Bedienung zunächst der äußersten Weichen unmöglich machen. Wählt man nun unter der Folge von ablaufenden Wagen diejenigen beiden aus, deren Pufferzeitabstände am ungünstigsten sind, und macht man die Annahme, daß die Zuführungsgeschwindigkeit für ein und denselben Zug konstant bleiben soll, so ist deren höchste zulässige Zuführungsgeschwindigkeit zugleich die maßgebende.

Diese zulässige konstante Zuführungsgeschwindigkeit, im folgenden Zuführungsgeschwindigkeit genannt, ist ein eindeutiges mathematisch bestimmbares Werturteil der Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage, dessen Bedeutung im einzelnen aus den folgenden Ausführungen erhellt.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Beobachtung von Ablaufvorgängen sich in erster Linie auf die Raumabstände der ablaufenden Wagen erstreckt und die Beobachtung von Zeitabständen erst unter Zuhilfenahme besonderer Meßeinrichtungen — Stoppuhr, Festlegung von Meßpunkten — möglich wird. Es könnte daher der Einwand gemacht werden, weshalb man nicht die Raumabstände der Berechnung der Zuführungsgeschwindigkeit zugrunde legt. Die Schwierigkeit der Einführung der Raumabstände in die Rechnung liegt einesteils in der Schwierigkeit, bei der Verschiedenheit der möglichen Fahrzeuggeschwindigkeiten einen Raumabstand mit genügender Einfachheit festzusetzen, der für die Umstellzeit der Weichen genügen soll und anderenteils in der Unzweckmäßigkeit, in einen Rechenvorgang, der Geschwindigkeits- und Zeitgrößen zu einander in Beziehung setzt, eine Längengröße einzuführen.

Die Bestimmung der höchsten zulässigen Zuführungsgeschwindigkeit ist auf streng mathematischem Wege nicht möglich, sondern kann nur annäherungsweise durch Annahme einer Zuführungsgeschwindigkeit erfolgen, für welche die zugehörige Pufferzeitabstandskurve bestimmt wird, die ersichtlich macht, ob die Annahme brauchbar war, oder eine andere Annahme gemacht werden muß. Dieses Annäherungsverfahren ist aber wie Anlage 17 zeigt, dadurch erleichtert, daß der Verlauf der Pufferzeitabstandskurven für verschiedene Anfangsgeschwindigkeiten in ihrem absteigenden Ast ziemlich übereinstimmt. Man wählt daher auf gut Glück zunächst eine Zuführungsgeschwindigkeit für die man die Pufferzeitabstandskurven berechnet und aufträgt, und zeichnet dann parallel, zu dem absteigenden Ast derselben durch die auf der 4″ = Linie abgetragene Entfernung der Zungenspitze der äußersten Weiche vom Ablaufpunkt eine ähnliche Kurve. Auf die Zuführungsgeschwindigkeit dieser letzteren kann man auf Grund folgender Überlegung rückschließen: Gemäß Gleichung IXb ist

$$T_o = t_p + t' - \Delta t.$$

Bei Änderung von v_o wird t' bei größeren Geschwindigkeiten, z. B. am Fuße des Ablaufberges, nur unbedeutend geändert. Der Einfluß von v_o auf Δt ist aus Anlage 17 ersichtlich; er ist um so geringer, je stärker das Anfangsgefälle ist.

Macht man nun in erster Annäherung die Annahme, daß $t' - \Delta t$ für alle Zuführungsgeschwindigkeiten konstant bleibt, so erhält man das gesuchte T_o in erster Annäherung — siehe Anlage 17 — wenn man aus der errechneten Pufferzeitabstandskurve $t' - \Delta t$ etwa 50 m vom Ablaufpunkt entfernt abgreift und der entsprechenden Ordinate t_p der zu untersuchenden Kurve zuzählt. Dieser Wert wird dann zweckmäßig nach Maßgabe der in Anlage 17 angegebenen Änderungen von Δt verbessert und aus diesem Annäherungswert v_o berechnet nach der Gleichung

$$v_o = \frac{s_o}{T_o}$$

Besonders bei Profilen mit schwachen Anfangsgefällen empfielt es sich, für dieses angenäherte v_o die Pufferzeitabstandskurve zu berechnen, um festzustellen ob die Annäherung genügt oder eine weitere Verbesserung des Wertes v_o notwendig ist. Bei einiger Übung werden diese umständlichen Nachrechnungen wegfallen können und die geschickte Wahl der Zuführungsgeschwindigkeit für die erste Pufferzeitabstandskurve deren endgültige Festsetzung ohne weitere gestatteten.

Verbesserung der Zuführungsgeschwindigkeit.

Alle Maßnahmen, betrieblichen und baulichen Einrichtungen stellen grundsätzlich eine Verbesserung der Ablaufanlage dar, wenn sie eine Erhöhung der Zuführungsgeschwindigkeit ermöglichen. Im folgenden soll dieser Maßstab an einige wichtige Fragen angelegt werden.

Umstellzeit der Weichen.

In der zum Umstellen der Weichen als notwendig angenommenen Zeit von 4″ ist zunächst der Zeitaufwand zum Umstellen der Weiche und außerdem ein Zeitteil als Sicherheit enthalten, der die unvermeidlichen Zeitverluste beim Umstellen der Weichen durch den Stellwerkswärter berücksichtigt. Die besonderen Bedingungen für die Lieferung und Aufstellung von Kraftstellwerken bestimmen in § 11 (12), daß die Gesammtumstellzeit 3″ nicht übersteigen darf. Durch Verwendung von kraftgestellten Weichen, kann

namentlich der erste Teilwert erheblich gekürzt werden. Zur Verringerung des zweiten Teilwertes empfiehlt sich besonders für Weichenanlagen mit mechanischem Antrieb Auflösung der Stellwerksbezirke, so daß die Weichen in möglichster Nähe der Stellwerkswärter liegen. Für solche mit Kraftantrieb stellen die neueren Anlagen mit selbsttätiger Steuerung der Weichen durch das ablaufende Fahrzeug eine Verbesserung dar. Diese Anlagen sind kostspielig und kranken an dem Umstand, daß die Weichen von einer fremden Kraftquelle umgestellt werden. Eine befriedigendere Lösung der Aufgabe dürfte auf dem Wege zu finden sein, die Stellkraft zur Umstellung der Weichen durch das Fahrzeug selbst ausüben zu lassen. Da eine Sicherung der Fahrwege nicht stattfindet, ist die Einstellung des Fahrweges vor Ausführung der Fahrt für die in Ablaufgleisen liegenden Weichen kein Erfordernis, von dieser Seite stehen daher der vorgeschlagenen Lösung keine Bedenken entgegen. In welchem Maße die Verminderung der Umstellzeiten der Weichen eine Verbesserung der Zuführungsgeschwindigkeit ermöglicht, ist für jeden Fall mit Hilfe der Pufferzeitabstandskurven zu untersuchen. Allgemein zeigen diese Untersuchungen, daß dieser Vorteil für eine kurze Weichenzone in höherem Maße eintritt als für eine lange und daß ferner die Umstellzeiten in erster Linie für die äußersten Weichen der Weichenzone möglichst herabzusetzen sind, da die nutzbaren Pufferzeitabstände nach den Enden der Weichenzone kleiner werden. Daher sollten bei aufgelösten Stellwerksbezirken die Stellwerke möglichst nicht in den Bereich der günstigsten Pufferzeitabstände, sondern möglichst an den Anfang und das Ende der Weichenzone gestellt werden. Ferner kann in Frage kommen, die vorderste oder die vorderen Weichen durch einen besonderen, neben die Weichen gestellten Weichenwärter bedienen zu lassen, um so mehr als die vorderen Weichen auch naturgemäß die am stärksten befahrenen sind. In Dresden-Friedrichsstadt werden die ersten Weichen sozusagen unter den langsam darüber rollenden Fahrzeugen von einem besonderen Wärter umgestellt.

Lage der Weichen.

Die Pufferzeitabstandskurve zeigt, daß die Zuführungsgeschwindigkeit um so größer ist, je kürzer die Weichenzone ist, wobei die erste Weiche möglichst nahe an den Ablaufpunkt herangezogen werden muß. Für den Entwurf des Gleisplans ergibt sich daraus die Forderung, daß die Weichenentwickelungen möglichst gedrängt sein müssen, lange Weichenentwickelungen daher im allgemeinen zu verwerfen sind, und daß vor allem einzelne, entfernt liegende Weichen, soweit sie für den Ablaufbetrieb von Wichtigkeit sind, möglichst vermieden werden müssen. Sind derartige, entfernt liegende Weichen für den Ablaufbetrieb weniger wichtig, so ist es unter Umständen zweckmäßig, sie als außerhalb der Weichenzone liegend zu betrachten und dafür gelegentlich Fehlläufe in Kauf zu nehmen. Wie die Pufferzeitabstandskurven der Anlagen 14, 15 und 17 zeigen, liegt die Zungenspitze der ersten Verteilweiche zweckmäßig nicht näher als etwa 6 m und höchstens etwa 20 m vom Ablaufpunkt entfernt und zwar um so näher an dem Ablaufpunkt heran, je schneller die Weiche bedient werden kann. Der Grund hierfür ist einzig und allein darin zu suchen, daß durch das Heranziehen der ersten Weiche auch die letzte Weiche mehr an den Ablaufpunkt herangezogen und dadurch die Zuführungsgeschwindigkeit verbessert wird. Diese Begründung beweist, daß es einerseits durchaus unnötig ist, die erste Weiche übermäßig scharf an den Ablaufpunkt heranzuziehen, andererseits aber äußerst wichtig ist, die Weichenentwickelung so kurz wie möglich zu gestalten.

Eine besondere Anwendung dieser Forderung stellt die Zwischenhemmung dar. Sie zerlegt gewissermaßen die gesamte Weichenzone in einen kurzen vorderen und einen längeren hinteren Teil mit getrenntem Ablaufbetrieb. Die zulässige Zuführungsgeschwindigkeit für den vorderen Teil ist besonders bei schneller Bedienung der ersten Weiche groß, und zwar sowohl infolge der kurzen Weichenzone — meistens nur eine Weiche — als auch wegen der geringen Zahl der Einzelabläufe, da bei einer Zerlegung in zwei oder drei Gruppen naturgemäß mehr Gruppenabläufe stattfinden als bei einer eingehenden Zerlegung. Für die weitere Zerlegung steht alsdann eine Zuführungsgeschwindigkeit zur Verfügung, die im Mittel um so viel mal langsamer sein kann, als die vordere Zerlegung Fahrwege

hat; d. h. zerlegt die vordere Anlage mit 2 m/sec Zuführungsgeschwindigkeit in zwei Hauptgruppen, so stehen für jede dieser beiden für die weitere Zerlegung im Mittel 1 m/sec Zuführungsgeschwindigkeit zur Verfügung. Daraus folgt, daß die Weichenzone, in der diese weitere Zerlegung stattfindet, erheblich größer sein kann, als wenn die Vorzerlegung nicht stattgefunden hätte. Durch die Zwischenhemmung ist somit die Möglichkeit gegeben, auch eine größere Zahl von Sammelgleisen an einen Ablaufpunkt anzuschließen, ohne die Ablaufleistungen zu verschlechtern. Zur Erläuterung sei auf Bahnhöfe mit durchgehendem Gefälle hingewiesen. Während Eselsrückenanlagen höchstens 30 Sammelgleise an den Ablaufpunkt anschließen, erhöht sich diese Zahl bei Gefällbahnhöfen auf mehr als das doppelte (Nürnberg hat 71 Sammelgleise angeschlossen). Der Grund liegt darin, daß diese Bahnhöfe mit — wenn auch verschleierter — Zwischenhemmung arbeiten. Die Zerlegung in den ersten äußerst sorgfältig bedienten Weichen wirkt als Vorzerlegung. Die Wagen laufen dann unter ständiger Beeinflussung durch Bremspersonal durch die nächst folgenden Weichen, zwischendurch nach Erfordernis gehemmt, so daß man von einer zweiten und dritten Zwischenhemmung sprechen kann.

Wenn auch diese dauernde Bremsbeeinflussung einen hohen Bedarf an Bremsmaterial hat und wegen der geringen Laufgeschwindigkeiten besondere Vorkehrungen erforderlich macht, damit die Wagen bis an das Ende der Sammelgleise gelangen, so z. B. fallende Sammelgleise oder Steilrampen innerhalb der Sammelgleise (siehe Seite 41), so ist in erster Linie dieser Betriebsweise der Zwischenhemmung — neben der auf Seite 45 besprochenen Anwendung der wechselnden Ablaufpunkte — die hohe tatsächliche Zuführungsgeschwindigkeit trotz der langen Verteilstrecke und deren geringen Anfangsneigung zu danken.

Falls die zweite Zerlegungsstufe unter häufigen Sperrungen der Fahrstraße zu leiden hat, die rückwirkend auf das Ablaufgeschäft der ersten Zerlegungsstufe stören könnten, kann sich die Behandlung der Zwischenhemmung als Ausgleichpuffer als zweckmäßig erweisen. Es müssen dann das Zerlegungsgleis der zweiten Stufe genügend lang oder Nachbargleise daran angeschlossen sein, so daß die Wagen darin stehen bleiben können, bis die Sperrung beseitigt ist. Die auf Seite 69 beschriebene Musteranlage kann als Beispiel für die Anwendung der Zwischenhemmung als Ausgleichpuffer dienen. Da den Wagen, wie oben erläutert, für die zweite Zerlegung eine größere Zeitfolge zur Verfügung steht, wird bei kurzen Sperrungen das Hauptablaufgeschäft unbehindert weiter gehen können.

Es versteht sich von selbst, daß die Vereinigungsweichen der Zuführungsgleise vor dem Ablaufpunkt liegen müssen, und ihre Anordnung hinter dem Ablaufpunkt zwecks Längenersparnis der Gesamtanlage nur dann in Frage kommt, wenn die erste Verteilweiche aus besonderen Rücksichten in erheblicher Entfernung vom Ablaufpunkt angeordnet werden muß. Als Beispiel einer Anlage die dieser Forderung nicht gerecht wird, sei auf den Westberg des Bahnhofs Osterfeld-Süd hingewiesen*.)

Ausbildung des Ablaufprofils.

Um ein Urteil zu gewinnen, welchen Einfluß die verschiedenartige Ausbildung der Teilstrecken des Ablaufprofils im besonderen auf die maßgebende Zuführungsgeschwindigkeit hat und wie diese Einflüsse ihrer Größe nach berwertet werden müssen, sind in Anlage 14 und 15 für die aus Figur a ersichtlichen Profile b bis f und für normale Witterung Pufferzeitabstandskurven mit 0,6 m/sec Zuführungsgeschwindigkeit gezeichnet worden. Der Übersichtlichkeit halber sind die zu ihrer Berechnung erforderlichen Geschwindigkeitshöhen (Figur a) und Laufzeitdifferenzen Δt (Figur b) besonders aufgetragen worden. Die Berechnung erfolgte im übrigen mit Hilfe des Rechenschemas der Anlagen 8 bis 10.

---

*) Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. II, Tafel XIII.

Profil	Zulaufstrecke	Ablaufstrecke	
a	Steigung 35‰	von Station 0 — 50 : 35‰ 50 — 200 : 9‰ 200 — 400 : 2‰	(Anl. 12)
b	Steigung 35‰	von Station 0 — 100 : 35‰	(Anl.14/15)
		ab Station 100 horizontal	„ „
c	Horizontal	wie b	
d	Gefälle 10‰	Gefälle 10‰	„ „
e	Gefälle 35‰	35‰ bis Station 100, dann horizontal	„ „
f	Horizontal	durchgehendes Gefälle 10‰	

Die Aufgabe der Anlage 14 und 15 ist zunächst die, den Nachweis zu erbringen, daß man mit Hilfe von Pufferzeitabstandskurven mit mathematischer Genauigkeit vergleichende Werturteile über verschiedene Ausbildungsformen von Ablaufprofilen fällen kann. Ferner sollen einige Werturteile aus ihnen abgelesen werden und zwar über die verschiedenartige Ausbildung

1. Der Zulaufstrecken:

Die Profile d und f bezw. c und e unterscheiden sich einzig und allein durch die Neigung der Zulaufstrecke, desgl. e und c bis Station 100. Die zugehörigen Pufferzeitabstandskurven beweisen, daß der Einfluß einer steigenden Zulaufstrecke und der einer horizontalen nicht wesentlich verschieden ist (vergl. die Kurven Provil b und c auch in Anlage 15), daß diesen beiden Anordnungen gegenüber die fallende Zulaufstrecke aber erheblich günstigere Pufferzeitabstände aufweist (vergl. Profil d und f bezw. c und e auch in Anlage 15). Der Grund ist in der Verzögerung beim Ablauf zu suchen, die um so geringer ist, je kleiner der Knickwinkel am Brechpunkt ist. Die Verzögerung ist bei Gruppenabläufen naturgemäß größer als bei Einzelabläufen. Die Folge davon ist, daß der Pufferzeitabstand einer Gruppe von etwa einem vorangegangenen Einzelablauf erheblich größer ist als von dem nachfolgenden Einzelablauf gleicher Art, daß sogar in letzterem Falle lange Gruppen von einem guten Einzelläufer innerhalb der Weichenzone eingeholt werden können. Diese Ungleichheit der Pufferzeitabstände vor und nach dem Gruppenablauf infolge der Gegenneigung erschwert die Steigerung der Leistungsfähigkeit durch Erhöhung der Zuführungsgeschwindigkeit bei Gruppenabläufen, wie sie weiter unten (Seite 53) dargelegt ist, außerordentlich. Anlage 14 zeigt für den Ablaufvorgang einer Gruppe von 3 leeren G-Wagen mit nachfolgendem beladenen O-Wagen den erheblichen Einfluß der Gegenneigung (vergl. die Kurven für Profil e und b); wegen der großen Bedeutung der Neigungsverhältnisse der Zulaufstrecke für die Wahl der bewegenden Kraft und die Kosten sei auf Kapitel VI verwiesen*).

2. Des Ausrundungshalbmessers:

Sämtliche Profile mit Gefällbruch am Ablaufpunkt sind mit einem Ausrundungshalbmesser r = O m berechnet. Zum Vergleich sind die Profile b und c auch mit einem Ausrundungshalbmesser r = 300 m untersucht worden. Die Linien der nutzbaren Pufferzeitabstände der letzteren (punktiert) sind ungünstiger als die der ersteren. Es dürfte aber nicht angebracht sein, zum Zwecke derartig geringfügiger Verbesserungen der nutzbaren Pufferzeitabstände Ausrundundshalbmesser anzuwenden, die Entgleisungen und Zapfenbrüche bei Wagen und Lokomotiven herbeiführen können.

3. Des Ablaufpunktes:

Bei Profil b und c ist der Ablaufpunkt fest, bei e und f beweglich.

*) Hier sei vorweggenommen, daß Verfasser die von Ammann stark betonte mangelhafte Verzögerungsmöglichkeit der auf fallenden Zerlegungsgleisen zum Ablauf gebrachte Rangiergruppen lediglich als eine Frage der Technik der Bremsmittel ansieht, zu deren Lösung die Ausbildung der Zerlegungsstrecke erst dann herangezogen werden dürfte, wenn die Schaffung geeigneter Bremsmittel nicht möglich ist. Ferner soll nicht unterlassen werden, darauf hinzuweisen, daß den Ammann'schen Schaukurven eine Beweiskraft nur für die Ablaufstrecke zukommt, da sie unter der Annahme gezeichnet sind, daß der freie Ablauf beginnt, wenn die hintere Achse auf dem Brechpunkt steht.

Bei festem Ablaufpunkt kann die Zeitfolge der ablaufenden Wagen nur durch Veränderung der Zuführungsgeschwindigkeit vom Personal beeinflußt werden, während bei „beweglichem Ablaufpunkt" die Zeitfolge außerdem in gewissem Umfange von der Willkür des Personals abhängt. Darin liegt ein Vorteil und zugleich ein Mangel des „festen Ablaufpunktes". Zufolge der geringen Möglichkeit, die Zeitfolge zu beeinflussen wird sie, wie die Praxis zeigt, nicht weit über die der maßgebenden konstanten Zuführungsgeschwindigkeit hinauskommen, dafür aber auch in der Hand eines wenig intelligenten Personals und bei der Verwendung einfacher technischer Einrichtungen sicher arbeiten. Sollen höhere Leistungen erzielt werden, so sind das Profil und die technischen Einrichtungen so auszubilden, daß der Ablaufpunkt innerhalb gewisser Grenzen beliebig verschoben werden kann.

Die einfachste Anordnung des beweglichen Ablaufpunktes ist auch zugleich die älteste, nämlich der Wagenablauf von dem im Gefälle stehenden Zug. Um einerseits zu vermeiden, daß für jeden folgenden Wagen die Ablaufhöhe sich erhöht, und um andererseits im Interesse der Pufferzeitabstände die Entfernungen zwischen Ablaufpunkt und letzter Verteilweiche möglichst klein zu halten, verbesserte man dann das Verfahren dadurch, daß man den Zugrumpf nachrücken ließ. Dieses Verfahren ist bei den nicht mit Gegenrücken ausgerüsteten Gefällbahnhöfen (z. B. Dresden—Friedrichstadt) angewandt und ist mit ein Grund für deren gute Ablaufleistungen.

Obgleich bekannt ist, daß die wichtigste Forderung für ein flottes Ablaufgeschäft starkes Anfangsgefälle der Verteilstrecke ist (siehe auch Punkt 4), sind diese Anlagen mit geringem Anfangsgefälle ausgebaut, zum Teil mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit, weil die Bremsmittel fehlten, in starkem Gefälle hängende Wagen festzuhalten.

Ein großer Schritt in der Verbesserung dieser Anlagen ist daher die Verwendung von Haltebremsen (siehe Seite 11) zu Beginn von Steilrampen. Bei Anlagen mit im wesentlichen horizontalen Sammelgleisen dient diese Anordnung zugleich dem Zweck, die Ablaufhöhen den wechselnden Laufwiderständen anzupassen (siehe Seite 45). Über die Verbindung dieser Anordnung mit fallenden Sammelgleisen siehe Seite 52.

In Anlage 14 und 15 liegen bei den Profilen d und e Zuführungsstrecke und Verteilstrecke in durchgehendem Gefälle und zwar bei d in schwachem (10 ‰), bei e in starkem (35 ‰). Die Untersuchung ist durchgeführt für einen leeren G-Wagen, dem ein beladener O-Wagen, dem wiederum ein leerer G-Wagen folgt. Der Ablaufpunkt des O-Wagens ist jeweils um soviel tiefer als derjenige der G-Wagen angesetzt worden, als nötig war, um den ersten und zweiten Ablauf auseinander zu ziehen, ohne dadurch den nutzbaren Pufferzeitabstand zwischen dem zweiten und dritten Ablauf ungebührlich zu verringern. Die Kurven zeigen, daß bei Einzelablauf geringe Verschiebungen des Ablaufpunktes genügen, um die Verschiedenheit der Pufferzeitabstände auszugleichen: bei dem schwachen Gefälle 4 m, bei dem starken 1 m. Bei wechselnden Gruppen- und Einzelabläufen tritt der Vorteil der beweglichen Ablaufpunkte entsprechend stärker in Erscheinung.

4. Der Verteilstrecke:

Die Verteilstrecke der Profile a, b, c, e liegt in einem starken Gefälle von 35 ‰, die der Profile d und f in einem schwachen von 10 ‰. — Anlage 14 und 15.

Der Vergleich der Ablaufkurven zeigt, daß das starke Anfangsgefälle von ausschlaggebendem Einfluß auf die Erhöhung der Pufferzeitabstände ist. (Vergleiche die Ablaufkurven für Profil d und e bezw. c und f.) Wenn trotzdem in der Praxis Anlagen wie Dresden—Friedrichsstadt hohe Ablaufleistungen erzielen, so ist das ein Beweis dafür, wie hoch die anderen Vorteile dieser Anlage zu bewerten sind. (Vergleiche Seite 49.) Ferner haben Vergleiche der Profile a und b ergeben, daß das starke Anfangsgefälle auf die Pufferzeitabstände nur innerhalb 1 m Gefällhöhe diesen großen Einfluß ausübt. Diese Tatsache läßt sich unschwer begründen.

In der Gleichung IX b

$$t_p = T_o + \Delta t - t'$$

ist t', d. h. die Laufzeit des Ablaufs von dem Augenblick, wo die vorderen Puffer den Meßpunkt erreichen, bis zu dem Augenblick, wo die hinteren Puffer denselben verlassen, wie Anlage 3 Figur b zeigt, um so kleiner, je größer die Geschwindigkeit ist, verringert sich aber beim Anwachsen der Geschwindigkeitshöhe bis zu 1 m stärker als bei weiterem Anwachsen, so daß sie von diesem Werte ab den beiden anderen Summanden der Gleichung gegenüber zurücktritt.

Aus dieser Erkenntnis folgt zunächst, daß die Neigungsverhältnisse der Sammelgleise unmittelbar keinen Einfluß auf die Zuführungsgeschwindigkeit haben. Für diese ist vielmehr die Betriebshandlung der Weiterbeförderung der Wagen aus den Sammelgleisen maßgebend. (Siehe Seite 54 und folg.) Ferner gibt sie einen Anhalt dafür, wie eine steile Verteilstrecke mit horizontalen oder fallenden Sammelgleisen in Verbindung gebracht werden muß.

Der erste Fall liegt bei den Eselsrückenanlagen vor und ist bei manchen neueren durch eine etwa parabolische Entwickelung des Ablaufprofils gut gelöst.

Diese Lösung sei noch genauer gekennzeichnet und begründet.

Die Verteilstrecke beginnt mit einem starken Anfangsgefälle bis zu einer Gefällhöhe eines mittelguten Läufers von 1 m. Dieser entspricht eine Fahrzeuggeschwindigkeit von etwa 4,5 m/sec. Diese Geschwindigkeit soll der Wagen innerhalb der Verteilstrecke auf eine Länge beibehalten, die nach dem Gesichtspunkt einerseits der Laufweite und andererseits der Bremsarbeit zu bemessen ist, d. h.: man entwickele das Profil von dem Punkte, an dem die Gefällhöhe des mittleren Läufers 1 m ist, parallel zu dessen Ablaufkurve bis zum Schnitt mit dem Sammelgleis. Führt man dieses Verfahren für Ablaufkurven verschieden guter Läufer und verschiedener Witterungsverhältnisse durch, so kann man dann auf Grund der vorgenommenen Vorprofile das den Bedingungen der Ablaufanlage am besten entsprechende endgültige Profil entwerfen.

Aus praktischen Gesichtspunkten legt man die Sammelgleise in das Gefälle des geringsten Wagenwiderstandes, ausgehend von der Überlegung, daß die Fahrzeuge innerhalb der Sammelgleise nicht aus eigener Kraft beschleunigt werden dürfen. Der ungünstigste maßgebende Fall ist der Ablauf eines leichten Wagens bei normaler Temperatur mit starkem Rückenwind. Nimmt man als größte Windgeschwindigkeit 6 m/sec an, so ist

$$\varphi = 4{,}5\ ‰ - 1\ ‰ \quad (1\ ‰ \text{ ergibt sich aus den Werten } \Delta\varphi\, h;$$

$$w = 2\ ‰$$

somit $\omega = 1{,}5\ ‰$

Das Gefälle des Sammelgleises müßte also $\leqq 1{,}5\ ‰$ sein. Da auch ein guter Läufer innerhalb der Sammelgleise bei normaler Temperatur etwa 1,6 ‰ Gesamtwiderstand hat, wird man sie im allgemeinen in ein Gefälle von 1:700 bis 1:500 legen.

Schwieriger ist die Lösung, das steile Anfangsgefälle mit fallenden Sammelgleisen in Verbindung zu bringen.

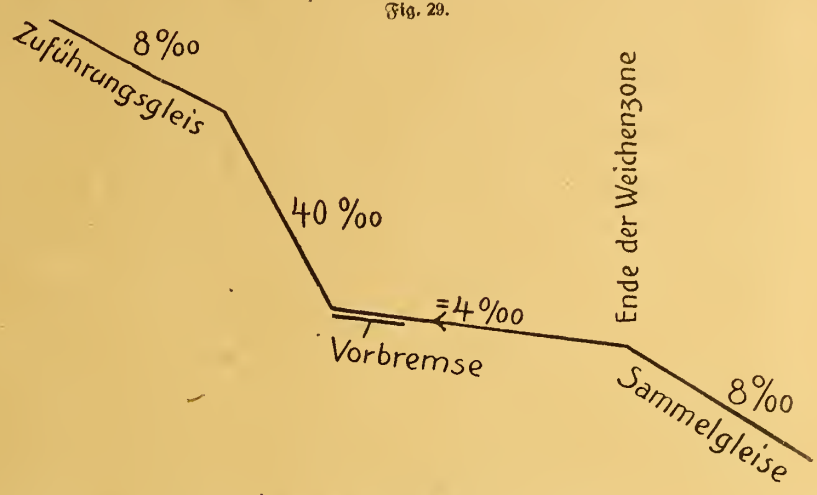
Bei der Beurteilung dieser Frage muß man von der Feststellung ausgehen, daß Gleise, in denen Fahrzeuge sich aus eigener Kraft in Bewegung setzen sollen, in einem Gefälle liegen müssen, das größer ist als ihr Anfangswiderstand, daß somit die Sammelgleise in einem Gefälle $\geqq 7{,}5\ ‰$ liegen müssen.

Diese Bedingung gilt aber nicht für die Verteilstrecke. Hat diese ein starkes Anfangsgefälle, so ist für den weiteren Verlauf der Verteilstrecke nur die Bedingung aufzustellen, daß Fahrzeuge bestimmt nicht innerhalb der Verteilstrecke zum Stillstehen kommen. Daraus folgt, daß man zweckmäßig die Verteilstrecke mit starkem Anfangsgefälle ausstattet und dann horizontal oder mit geringer Neigung bis zur Sammelstrecke weiter entwickelt. (Siehe Figur 29.)

Um einen Einblick zu erlangen, ob und in welchem Maße die einzelnen Profile in ihrer Leistungsfähigkeit von ungünstigen Witterungsverhält-

nissen beeinflußt werden, sind in Anlage 15 dieselben Pufferzeitabstandskurven, jedoch für normale Temperatur und Gegenwind von 6 m/sec entwickelt worden. Sie zeigen vor allem den erheblichen Rückgang der Leistungsfähigkeit der Profile d und f mit schwacher Anfangsneigung der Ablaufstrecke. Im wesentlichen macht sich der Einfluß der Witterung

Fig. 29.



darin geltend, daß die Fahrzeuge sich früher einholen, und infolgedessen die zulässige Zuführungsgeschwindigkeit kleiner wird, entsprechend der Beobachtung, daß die Leistungen der Ablaufanlagen bei ungünstigem Wetter sinken.

Veränderung der Zuführungsgeschwindigkeit.

Im vorigem war die Annahme gemacht worden, daß die maßgebende Zuführungsgeschwindigkeit für denselben Zug konstant bleiben soll. Da aber die maßgebende Zuführungsgeschwindigkeit sich aus der ungünstigsten Wagenfolge berechnet, würden namentlich bei Gruppenabläufen die Pufferzeitabstände unnötig groß werden. Im Interesse der Leistungsfähigkeit ist es daher unbedingt erforderlich, die tatsächliche Zuführungsgeschwindigkeit der jeweils zulässigen anzupassen. Der Grad dieser Anpassung und damit das Maß der Steigerung der Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage hängt im wesentlichen ab:

1. von der Beschleunigung bezw. Verzögerung des Zugrumpfes,
2. von der Schnelligkeit und Sicherheit der Befehlsübermittelung.

Zu 1: Die der folgenden Zusammenstellung zugrunde gelegte Zulaufstrecke ist horizontal und steigt mit 35 %oo zu einer Ablaufhöhe von 3,5 m an. Die mögliche Beschleunigung p ist berechnet für eine Lokomotive von 35 t Reibungsgewicht und den Reibungsbeiwert 1 : 7 aus der Gleichung

$$p = \left[5^t - Q\frac{\omega+\alpha}{1000}\right]\frac{g}{Q},$$

wobei Q das Gesamtgewicht des Zugrumpfes (1 t/lfdm),
α die mittlere Steigung der von dem Zugrumpf bedeckten Zulaufstrecke,
g die Beschleunigung des freien Falles bedeutet.

Länge des Zugrumpfes in m	Gewicht des Zugrumpfes in t	α %oo	$\omega + \alpha$ %oo	p m/sec²
100	100	35	38	0,1
200	200	17	20	0,05
300	300	12	15	0,017
400	400	9	12	0,005
500	500	7	10	0,0

Demgegenüber berechnet sich die Beschleunigung desselben Zuges auf einem Gefälle von 10 %oo unter sonst gleichen Umständen gemäß Gleichung

$$p = \frac{\omega + \alpha}{1000} \cdot g \text{ zu } 0{,}07 \text{ m/sek.}$$

Die Zusammenstellung wird durch die Erfahrungen aus der Praxis bestätigt Bei hohen Ablaufbergen mit tiefliegender Zulaufstrecke bewältigen

nur schwere Drucklokomotiven den Rangierdienst, und Erhöhungen der Ablaufberge scheitern vielfach an der Frage der Drucklokomotiven, wie z. B. im untersuchten Falle. Ebenfalls bestätigen die Beobachtungen die geringe Beschleunigungsmöglichkeit namentlich bei langen Zugrümpfen.

Um eine einigermaßen ausreichende Beschleunigung sicher zu stellen, ist ein Ansteigen der Zulaufstrecke von mehr als 2 m zu vermeiden. Daraus folgt, daß für größere Eselsrückenablaufanlagen mit genügender Ablaufhöhe die Zulaufstrecke höher liegen muß als die Richtungsgleise. Dadurch entfällt ein wesentlicher Vorteil der Eselsrückenanlagen: die unmittelbare Verbindungsmöglichkeit der Zerlegungsgleise mit den in gleicher Höhe liegenden Bahnhofsgleisen.

Hinsichtlich der Verzögerungen genügen die Anlagen mit Drucklokomotiven allen Anforderungen.

Eine genügende Verzögerung des im Gefälle 10 ‰ mit einer Beschleunigung von $p = 0{,}07$ m/sec rollenden Zuges sicherzustellen, ist nur durch Verwendung guter Haltebremsen möglich; die Benutzung von Wagenbremsen allein muß schon aus den unter 2 dargelegten Gründen als unzweckmäßig bezeichnet werden.

Zu 2. Ein großer Mangel des Betriebs mit Drucklokomotiven ist die ungenügende Übermittelung der die Änderung der Zuführungsgeschwindigkeit betreffenden Befehle. (Siehe auch Kapitel II.) Selbst wenn diese sich auf die Feststellung ganz besonders augenfälliger Fälle, in denen eine Änderung der Zuführungsgeschwindigkeit angebracht erscheint, beschränkt, ist die Schnelligkeit der Ausführung ungenügend selbst dann, wenn in ausreichendem Maße Hilfsmittel verwandt werden, wie Übermittelung der optischen oder akustischen Signale durch Zwischenposten, Anwendung des Abdrucksignals oder neuerdings Verständigung mittels eines lautsprechenden Fernsprechers auf der Lokomotive, die mit einer längs dem Gleis geführten Telephonverbindung durch Schleifkontakt verbunden ist. Der Grund ist in erster Linie darin zu suchen, daß die Entfernung der die Befehle gebenden Stelle von der Drucklokomotive meist erheblich ist, da dieselbe am entfernten Ende des Zuges steht, daß die Wahrnehmung der Befehle infolge der unvermeidlichen Geräusche und Hantierungen auf der Lokomotive stark behindert ist und endlich ihre Ausführung oft erst durch Betätigung des schwerfälligen Steuerapparates der Lokomotive möglich ist.

Der reine Schwerkraftsbetrieb unter Verwendung von Ablassern arbeitet insofern unter günstigeren Bedingungen, als die Bremser über den ganzen Zug verteilt sind und die Befehle ohne wesentliche Behinderung ausführen können.

Aber auch diese Betriebsweise krankt daran, daß der Befehl durch zweite Hand und mit einer unvermeidbaren unbestimmten Verzögerung ausgeführt wird. Da der Befehlende auf das Maß und die Schnelligkeit der Ausführung so gut wie keinen Einfluß hat, kommen bestenfalls nur die Geschwindigkeitsänderungen zur Ausführung, für welche die vorliegenden Mittel genügende Sicherheit bieten. Ein wesentlicher Fortschritt ist erreicht, wenn der Leiter des Ablaufgeschäfts selbst die Schnelligkeit und das Maß der Bremsung steuert. Alsdann ist er auch in der Lage, die feineren Beobachtungen des Ablaufvorgangs für die Regelung der Zuführungsgeschwindigkeit nutzbar zu machen. Er wird die kleineren Beeinflussungen durch Verschiebung der Ablaufpunkte und die größeren durch gleichzeitige Veränderung der Zuführungsgeschwindigkeit ausüben. Die Lösung der Aufgabe ist durch die Verwendung der Haltebremse (Kapitel II S. 11) gegeben.

Das Sammeln.

Die Betriebshandlung des Sammelns ist — wie schon auf Seite 53 näher ausgeführt — in erster Linie maßgebend für die Ausbildung der Sammelstrecke und der Ausziehstrecke. Da das Sammeln im allgemeinen eine Nebenbetriebshandlung ist*), liegt der Schwerpunkt dieser Frage weniger auf dem Gebiet der Leistungsfähigkeit als auf dem Gebiet der

*) Das „Sammeln" kann zur Hauptbetriebshandlung werden durch ungenügende Zahl von Sammelgleisen oder Gleisen, in welche die Wagen aus den Sammelgleisen weiterhin überführt werden sollen, häufiger noch dadurch, daß Hilfsmittel, z. B. Lokomotiven, zum „Sammeln" oder zur Überführung in weitere Gleise benutzt werden müssen, die während dieser Zeit anderen Betriebshandlungen entzogen werden.

Kosten, für die der Zeitbedarf einen bestimmenden Faktor darstellt. Zum „Sammeln" gehört die Vereinigung der in einem Sammelgleis zusammengelaufenen Wagen zum Zwecke ihrer Weiterbewegung und ihre Weiterbeförderung über die Vereinigungsstrecke in die Ausziehstrecke.

Zur Gruppe der ersten Handlungen gehört das Zusammendrücken der Wagen in horizontalen Sammelgleisen und das Kuppeln.

Die erstere Teilhandlung fällt für fallende Sammelgleise weg. Darin liegt ein großer Vorteil der Anlagen mit fallenden Sammelgleisen. Zur Beurteilung des Zeitbedarfs für das Zusammenrücken der Wagen in horizontalen Sammelgleisen sei auf die Angaben Sammets*) über die Betriebskosten des Rangierbahnhofes Karlsruhe hingewiesen. Bei günstigem Wetter und mäßigem Verkehr wurden nach genauen Aufzeichnungen innerhalb 24 Stunden 12 Lokomotivstunden für das Weiterdrücken der Wagen in den etwa 30 horizontalen Sammelgleisen der Richtungsgruppe bei einer Tagesleistung von etwa 3000 Wagen geleistet. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen wird dieser Zeitbedarf noch erheblich ungünstiger. Schon bei kleineren Anlagen ist mit der ständigen Bereithaltung einer Drucklokomotive zu rechnen, die nichts anderes leistet, als vorzeitig stehengebliebene Wagen weiter zu befördern. Bei größeren Anlagen sind 2 Drucklokomotiven für diesen Zweck keine Seltenheit. Dieser Zeitbedarf hat zunächst seine Bedeutung für die Betriebskosten. Da die Betriebshandlung des Zusammendrückens in fast allen Fällen eine Hauptbetriebshandlung ist, hat sie unabhängig davon ihre weitere Bedeutung für die Leistungsfähigkeit der Anlage. Es ist sattsam bekannt, daß in diesen Zeitverlusten für das Zusammendrücken vorzeitig stehengebliebener Wagen der Hauptgrund für den Rückgang der Leistungen von Anlagen mit horizontalen Sammelgleisen bei ungünstigen Witterungsverhältnissen liegt.

Der Zeitaufwand zum Einhängen der Kuppelungen beträgt im Mittel 30″. Erfolgt die Weiterbeförderung der Wagen aus dem Sammelgleis zu dem Zweck einer weiteren Zerlegung, so ist durch geeignete Einrichtungen anzustreben, daß die Kuppelung ganz entfällt.

Zur Beurteilung der Betriebshandlung der Weiterbeförderung der Wagen aus dem Sammelgleis in das Ausziehgleis ist es nötig, zunächst kurz auf die Theorie des Gruppen- und Einzelordnens einzuuehen.

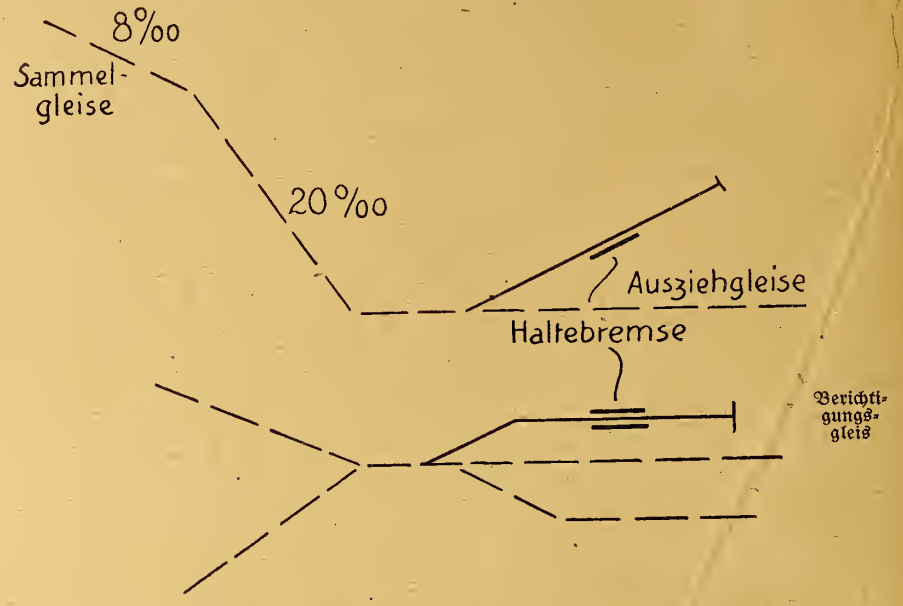
Man spricht von Gruppenordnen, wenn der zu bildende Zug aus einer beschränkten Zahl größerer Gruppen bestehen soll, die untereinander eine bestimmte Reihenfolge haben sollen, selbst aber ungeordnet sind, vom Einzelordnen, — stationsweisen Ordnen — wenn eine größere Zahl kleinerer Gruppen oder einzelner Wagen eine bestimmte Reihenfolge haben sollen. Maßgebend ist also die Zahl der in sich bunten Gruppen. Bei kleiner Zahl kann die Ordnung dadurch erfolgen, daß jede Gruppe vom Ablaufpunkt sofort in ein bestimmtes Gleis läuft und von dort unmittelbar zu dem neu zu bildenden Zug zusammengestellt wird, z. B. in den vom Ablaufpunkt abliegenden Spitzen der Sammelgleise. Bei größerer Zahl werden die Wagen nach den neu zu bildenden Zügen getrennt gesammelt und in einer besonderen Ablaufanlage geordnet. Diese Nebengleisanlagen haben im Mittel 10 Gleise. Ist die Zahl der einzuordnenden Gruppen $\leqq 10$, so kann jedes Sammelgleis der Nebenablaufanlage mit einer Ausziehbewegung freigezogen werden, ist die Zahl größer, so müssen zunächst die Wagen beim Ablauf in die Sammelgleise so verteilt werden, daß in jedem Sammelgleise der Nebenablaufanlage die Wagen gruppenweise zusammenstehen, wobei ihre Folge nicht der des endgültigen Zugs zuwiderlaufen darf. In dem Falle können die Sammelgleise nicht durchweg mit einer Ausziehbewegung freigezogen werden. Diese kann vielmehr unterbrochen werden müssen, um Gruppen anderer Sammelgleise vorwegzunehmen. Bei großer Gruppenzahl kann es sich empfehlen, schon vom Hauptablaufberg aus die Wagen in 2 Hauptgruppen zu zerlegen.

Eine besondere Beachtung verdienen die meist aus betrieblichen Gründen notwendigen Umstellungen einzelner Wagen, z. B. der Bremswagen. Man hat hierfür vielfach besondere Umstellgleise zwischen die Sammelgleise und

*) Über die baulichen Anlagen, den Betrieb, die Leistungsfähigkeit und die Betriebskosten des Rangierbahnhofs Karlsruhe.

das Ausziehgleis eingeschaltet und damit die Grundanordnung zum mindesten um diese Gleise verlängert. In Anbetracht der wenigen umzustellenden Wagen könnte vielleicht bei Anlagen mit fallenden Sammelgleisen die in Figur 30 angedeutete Lösung zweckmäßig sein.

Fig. 30



In der Bewegungsrichtung wird hinter der letzten Sammelweiche ein — oder mehrere — Stumpfgleise als Berichtigungsgleise mit einer Gegenneigung = 7,5‰ abgezweigt, hinter deren Polizeipfahl eine Haltebremse liegt. Wagen oder Gruppen, die später eingeordnet werden sollen, werden in diese Berichtigungsgleise hineingeleitet, laufen infolge ihrer Geschwindigkeit bis hinter die Haltebremse durch und werden am Rücklauf durch diese gehindert, solange bis die Haltebremse gelöst wird. Alsdann laufen sie in einer Sägebewegung in das Ausziehgleis.

Die Betriebshandlung der Weiterbeförderung der Wagen aus den Sammelgleisen in das Ausziehgleis kann erfolgen mit Lokomotivkraft aus horizontalen Sammelgleisen und mit Schwerkraft aus fallenden Sammelgleisen.

Der Zeitbedarf für die erste Ausbildungsform berechnet sich bei der Annahme, daß die Wagen nicht herausgeschoben, sondern herausgezogen werden, und unter Zugrundelegung einer Rangiergruppe von etwa 100 m Länge etwa folgendermaßen:

Die Lokomotive fährt in ein Sammelgleis hinein, kuppelt den dort stehenden Zugteil an und zieht ihn vor die Weichenzone vor. Diese Bewegung führt sie auf einen Rangierweg von im Mittel 150 m für jeden Rangiergang aus. Der Zeitbedarf errechnet sich aus den Teilzeiten und zwar für die Hinfahrt:

Anfahrt	15″
Fahrzeit bei 2 m/sec Fahrgeschwindigkeit auf 110 m Fahrweg	35″
Bremszeit	10″
(Während des Anfahrens und Bremsens sind 40 m Fahrweg zurückgelegt worden)	
für das Ankuppeln	30″
für die Rückfahrt:	
Anfahrzeit	15″
Fahrzeit	35″
Bremszeit	10″
Somit für das Ausziehen eines Rangierganges	150″

Der Zeitbedarf für das Abrollen eines Rangierganges aus fallenden Sammelgleisen berechnet sich unter der Annahme, daß nach 100 m Laufweg des abrollenden Zugteils der nächste folgen kann, bei mittlerer Beschleunigung von 0,06 m/sec² zu . . . . . 60″

Die Ergebnisse geben ein mittleres Bild. Für kürzere Gruppen sind beide Zeiten etwas kleiner, für längere etwas größer. Jedenfalls gestatten sie einwandfrei die Folgerung zu ziehen, daß das Ausziehen aus fallenden Sammelgleisen nur etwa den dritten Teil des entsprechenden Zeitaufwandes für horizontale Sammelgleise erfordert.

Dieser Unterschied fällt, wie die Nachrechnung der zu untersuchenden Vergleichsfälle zeigt, naturgemäß bei längeren Rangiergruppen weniger ins Gewicht als bei kürzeren, da stets der auf den Wagen umgerechnete Zeitbedarf maßgebend ist. Daraus folgt, daß für Sammelgleise, in denen ganze Züge angesammelt werden, vielleicht sogar aus dem Sammelgleis unmittelbar ausfahren, also z. B. für Richtungsgleise in denen Ferngüterzüge gebildet werden, Gefälle keine nennenswerte Zeitersparnis bringt. Sie dürften daher stets horizontal anzuordnen sein.

Sammelgleise hingegen, in denen ganze Züge angesammelt werden, die aber weiter unterteilt werden müssen und die für diese Unterteilung zugleich als Zerlegungsgleise dienen, ferner Sammelgleise, in denen nur kurze Zuggruppen zur Aufstellung kommen, die in bestimmter Ordnung zu einem ganzen Zuge zusammengestellt werden sollen — z. B. Nebenablaufanlagen — sind als fallende Sammelgleise um so leistungsfähiger, je größer die Zahl der Rangiergruppen ist. Für Nebenablaufanlagen kommen jedenfalls grundsätzlich nur fallende Sammelgleise in Betracht*). Wegen der Kosten siehe Kap. VI.

Die Beziehungen zwischen Profil und Bremsmitteln.

Die wichtigsten Profilanordnungen sind in Anlage 16 für Hauptablaufanlagen zusammengestellt. Die Höhen müssen bei Entwürfen nach dem auf Seite 32 entwickelten Verfahren berechnet werden; die Längen ergeben sich jeweils aus dem Gleisplan. Für Nebenablaufanlagen kommt nach vorigem in erster Linie ein Profil mit fallenden Sammelgleisen, horizontalem Ausziehgleis und möglichst mit fallendem Zerlegungsgleis in Frage. (Siehe Profil 4, Fig. 31).

Die Profile der Anlage 16 sind etwa nach steigender Leistungsfähigkeit geordnet, a und b mit Drucklokomotivbetrieb, c und d mit Schwerkraftbetrieb. Drucklokomotiven zum Zusammendrücken vorzeitig stehengebliebener Wagen sind bei den Anlagen mit im wesentlichen horizontalen Sammelgleisen in dem Maße unnötig, wie die Anlage hinsichtlich der Ablaufhöhen und Bremsmittel zweckmäßig ausgestaltet ist.

Die einfachste, aber auch mangelhafteste Anwendung von Bremsmitteln ist die Hemmschuhbremsung innerhalb der Richtungsgleise. Sie erfordert viel Hemmschuhlegerpersonal, verbessert die Pufferzeitabstände der ablaufenden Wagen nicht und bedingt infolge der großen Geschwindigkeit der Wagen erhebliche Beschädigungen an Fahrzeug und Ladung. Eine Verbesserung wird durch die Vorbremsung erreicht, und zwar werden gute fernbediente Gleisbremsen am zweckmäßigsten je vor 6 bis 8 Sammelgleise gelegt, die durch eine entsprechende Ausbildung des Gleisplans zu Gruppen von 6 bis 8 Gleisen zusammenzufassen sind. Diese Vorbremsen haben in erster Linie den Zweck, die Arbeit der Hemmschuhleger zu erleichtern, dadurch, daß sie die Laufkraft des Fahrzeugs etwa auf das Maß abbremsen, das nötig ist, um die Laufwiderstände bis zu den schon im Sammelgleis stehenden Wagen zu überwinden. Im allgemeinen wird einem geübten Bremswärter die Abschätzung dieses Bremsmaßes vor allem bei Gruppen gelingen, um so mehr, als die Wagen bis zur Vorbremse schon eine ziemliche Strecke durchlaufen haben. Zum Ausgleich dieser Vorbremsung ist innerhalb der Sammelgleise nur mehr ein Sicherheitsposten nötig, der zweckmäßig am Anfang der 6 bis 8 Sammelgleise steht und mit einer Vorlegebremse (Seite 6) ausgerüstet ist. Erst in zweiter Linie sollen die Vorbremsen die Pufferzeitabstände verbessern.

Diese Aufgabe fällt in erster Linie den Gipfelbremsen (Haltebremsen) zu, die, wie auf Seite 45 näher dargelegt, durch Verschiebung des Ablaufpunkts aufeinander folgender Wagen um geringe Entfernungen die Pufferzeitabstände erheblich verbessern. Die Gipfelbremsen haben die weitere Aufgabe, die Ablaufhöhen im Groben den Witterungsverhältnissen anzupassen, und arbeiten dadurch den Vorbremsen vor.

Eine weitere Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen mit fallenden Zerlegungsgleisen wird durch Verwendung von Haltebremsen in den Zerlegungsgleisen an Stelle der Zulaufbremser erreicht, die

*) Siehe auch Archiv für Eisenbahnwesen 1913, Heft 2, Seite 375 und folgende.

besser als diese die Zuführungsgeschwindigkeit dem jeweils höchst zulässigen Maß anpassen können. (Siehe Seite 54.)

Endlich seien noch als besondere Fälle erwähnt die Verwendung von Hemmschuhgleisbremsen (siehe Seite 7) am Ende von fallenden Sammelgleisen, in denen Wagen zu Gruppen vereint werden und dann als Gruppen ablaufen (z. B. Fig. 32, Gruppe B), und die Verwendung von Haltebremsen in Berichtigungsgleisen. (Siehe Seite 56, Fig. 30.)

Kapitel VI.

Ausbildung der Grundanordnung nach dem Gesichtspunkt der Kosten.

Begriff der Zeitbelastung.

Die Steigerung der Leistungsfähigkeit findet ihre Grenzen in der Wirtschaftlichkeit. Es kann z. B. ohne weiteres durch Verwendung einer zweiten Drucklokomotive die Leistung eines Eselsrückens erhöht werden; es fragt sich aber, ob diese Einstellung wirtschaftlich ist.

Daher sind die im vorigen unter dem Gesichtspunkt des Zeitbedarfs einer Betriebshandlung ausgestellten Untersuchungen zu ergänzen durch die Feststellung der Kosten.

Allgemein stellen sich die Kosten einer Betriebshandlung dar als eine Summe von Einzelkosten aller derjenigen Kostenwerte, die von der Betriebshandlung beansprucht sind. Jeder Summand ist ein Produkt aus der Zeit, während welcher der Kostenwert durch die Betriebshandlung beansprucht, oder infolge dieser Beanspruchung anderweitiger Verwendung entzogen ist, und aus den durch die Beanspruchung des Kostenwertes für die Dauer der Zeiteinheit entstehenden Kosten oder kurz: aus Zeit mal Einheitskosten.

Als Erläuterung des Kostenbegriffs diene folgendes Beispiel:

Die Überführung eines Wagens mittelst einer Lokomotive an einen Zug beansprucht zunächst die Lokomotive und die Bedienungsmannschaft auf die Dauer der Handlung. Ferner den Wagen und die baulichen Anlagen. War der Zug schon von Beginn der Überführung abfahrbereit, so belastet diese Überführungszeit auch den Zug und die durch ihn auf diese Zeit beanspruchten baulichen Anlagen. Die Kosten der Handlung, stellen sich somit als eine Summe von Produkten aus Zeit mal Einheitskosten der von der Handlung beanspruchten Kostenwerte dar.

Zeitfaktor.

Da sich die durch eine Handlung verursachten Kosten auf der Zeitdauer der Handlung aufbauen, soll im folgenden im Kostenbegriff der Zeitfaktor auch äußerlich durch Einführung der Bezeichnung Zeitbelastung für Kosten einer Betriebshandlung hervorgehoben werden. Eine Betriebshandlung hat eine hohe Zeitbelastung, heißt also im Allgemeinen: Die Zeitdauer der Betriebshandlung belastet eine Reihe von Kostenwerten, oder hochwertige Kostenwerte, oder Kostenwerte auf lange Dauer.

Die Kosten einer Betriebshandlung sind aber nicht auf die unmittelbar durch diese Betriebshandlung bedingten Kosten beschränkt. Durch die Stärke des Zuganfalls, den Fahrplan und den Wagenübergangsplan entstehen planmäßige Wartezeiten, während deren eine Reihe von Kostenwerten ungenützt sind und uns somit als mittelbare Kosten der Zeitbelastung einer Betriebshandlung zur Last fallen. Ferner können Zeitverluste auftreten dadurch, daß die technischen Vorbedingungen für die Inangriffnahme einer Betriebshandlung nicht erfüllt und z. B. die Gleise, Lokomotiven oder Personal durch andere Betriebshandlungen in Anspruch genommen sind. Hierzu gehören auch die Überführungszeiten, z. B. eines Zuges in das Zerlegungsgleis, einer Lokomotive nach Beendigung einer Handlung zur Übernahme einer weiteren Handlung. Auch diese Verlustzeiten fallen als mittelbare Kosten der Zeitbelastung einer Betriebshandlung zur Last. So ist ohne weiteres klar, daß bei einer stark beanspruchten Anlage, die mittelbaren

Kosten im allgemeinen kleiner sind als bei einer schwach beanspruchten und demgemäß, z. B. trotz Gleichheit der mittelbaren Kosten zweier Betriebshandlungen ihre Zeitbelastung verschieden groß ist.

Einheitskosten.

Die Schwierigkeit der Aufstellung der Zeitbelastung einer Betriebshandlung liegt aber nicht nur im Zeitfaktor, sondern auch im Einheitskostenfaktor. Die Kostenwerte lassen sich in folgende 5 Hauptkostengruppen einreihen:

1. Bahnhofsbetriebspersonal;
2. Rangierlokomotiven;
3. Bremsmittel;
4. Technische Einrichtungen, wie Beleuchtung, Sicherungsanlagen, Verständigungsanlagen;
5. Unterhaltung der baulichen Anlagen, Verzinsung und Abschreibung.

Gar nicht zu sprechen von der Schwierigkeit, in einer Zeit ständiger Preisänderung Einheitskosten anzusetzen, ist vor allem die Bestimmung des Umfangs der in die Zeitbelastung einer Betriebshandlung einzubeziehenden Kostenwerte schwierig.

Berechnung der absoluten Kosten.

Um bei der Aufstellung von Kostenrechnungen der sich daraus ergebenden Gefahr der Willkürlichkeit zu begegnen, ist zunächst die Betriebshandlung oder Teilhandlung, für welche die Zeitbelastung untersucht werden soll, klar zu umgrenzen, etwa nach dem auf Seite 3 gegebenen Schema. Vor- und Nachhandlungen sind soweit zu berücksichtigen, als sie durch die zu untersuchende Ausbildungsform und ihre Betriebsweise bedingt sind. Die zweckmäßige Umgrenzung der Betriebshandlung ist die Vorbedingung für eine brauchbare Kostenberechnung. Aus Zweckmäßigkeitsgründen wird sich vielfach die Zusammenfassung ineinandergreifender Betriebshandlungen zu einer Gruppe empfehlen.

Ferner ist ein Betriebsplan — mindestens für die zu untersuchende Handlung — und die Kenntnis der Häufigkeit der zu leistenden Handlungen unumgänglich notwendig, auf Grund deren die Summanden der Zeitbelastung aufgestellt werden.

Trotzdem wird die Aufstellung der absoluten Kosten nur dann zu brauchbaren Ergebnissen führen, wenn die Untersuchung auf ganz bestimmte Kostenwerte ausdrücklich beschränkt bleibt, oder sich auf eine einfache nur wenige Kostenwerte belastende Betriebshandlung erstreckt.

In allen anderen Fällen ist der Kostenvergleich vorzuziehen. Die meisten Kostenaufstellungen wenig übersichtlicher Betriebsvorgänge, sind eher Kostenvergleiche als absolute Kostenaufstellungen; ihre Ergebniszahlen sind meist unter Vernachlässigung wichtiger Momente entstanden und haben daher keinen absoluten, sondern nur Vergleichswert.

Kostenvergleiche.

In diesen Fällen ist es daher besser, klar den Weg des Kostenvergleichs zu gehen; umsomehr, als die Bedeutung der absoluten Kostenzahl zurücktritt hinter der des Kostenvergleichs. Denn es wird sich meistens um die Frage handeln, welche von den möglichen Betriebs- und Bauformen die wirtschaftlichste ist.

Der Kostenvergleich setzt die Gleichheit des Umfangs der zu untersuchenden Betriebshandlungen voraus, umfaßt mindestens 2 Betriebs- oder Bauformen und erstreckt sich ausschließlich auf die unterschiedlichen Kostensummanden. Die für die zu untersuchenden gleichen Formen oder je nach der Genauigkeit der Untersuchung gleich zu erachtenden Summanden fallen aus dem Kostenvergleich aus, Ungenauigkeiten, z. B. in der Bewertung der Verlust- und Wartezeiten oder der Einheitskosten gleichen sich meist aus. Es sei besonders darauf hingewiesen, daß die Zahlenergebnisse im allgemeinen nicht, wie die absoluten Kostenzahlen, mit anderen Kostenzahlen aus anderen Vergleichsrechnungen verglichen werden können.

Man wird im allgemeinen so vorgehen, daß man Vergleichsentwürfe aufstellt und für diejenigen Betriebs- und Bauformen, für die man die Wahl von den Kosten abhängig machen will, Kostenvergleiche durchrechnet.

Wenn im folgenden einige Kostenrechnungen aufgestellt sind, so geschah das einesteils, um Beispiele von Kostenrechnungen zu geben,

ferner auch, um die Wichtigkeit des Kostenvergleichs als zuverlässigen Maßstab für die Beurteilung der vielen technischen und betrieblichen Möglichkeiten, Grundformen auszubilden, zu erweisen, vor allem endlich auch, um an ihre Ergebnisse einige allgemein gültige Betrachtungen anzuknüpfen.

Kostenvergleich für eine einfache Teilhandlung.

Als Beispiel einer einfachen Teilhandlung werde der Kostenvergleich für die Ausrüstung eines zu zerlegenden Zuges von 50 Wagen mit der bewegenden Kraft für steigende Zerlegungsstrecke (Eselsrücken) und für fallende Zerlegungsstrecke aufgestellt und zwar beschränkt auf diese Teilhandlung ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen Kostensummanden aus der Zuführung des Zuges in das Zerlegungsgleis, die nur bei genauer Entwurfsbearbeitung gerecht betrachtet werden können und ferner beschränkt auf die Kostenwerte, Lokomotive, Wagen, Personal und Gleise. Die technisch möglichen Betriebsformen sind für die Eselsrückenanlage:

a) eine Drucklokomotive, die nach Ablauf des letzten Wagens auf einem besonderen Umfahrgleis hinter den nächsten zu zerlegenden Zug fährt (normale Betriebsform),

b) bei starkem Zuganfall 2 Drucklokomotiven (beschleunigte Betriebsform).

Für die Anlage mit fallender Zerlegungsstrecke das Ablassen mit besetzten Bremsen und zwar

c) mit 3 Zulaufbremsern, die nach erfolgtem Ablauf des letzten Wagens die Bremsen des folgenden Zuges besetzen (normale Betriebsform) oder

d) bei starkem Zuganfall mit 2×3 Zulaufbremsern (beschleunigte Betriebsform),

e) das Ablassen mittelst Haltebremsen, die vom Rangiermeister bestätigt werden.

Im Falle c erfordert das Zurückgehen der Zulaufbremser und Besteigen der Bremsen des nachfolgenden Zuges eine gewisse Zeit. Da ihre Festsetzung im Rahmen dieser allgemeinen Betrachtung nicht möglich ist, soll der Fall c aus dem Vergleich zunächst ausscheiden. Allgemein kann nur festgestellt werden, daß a und b ein Umfahrgleis für die Zurückführung der Lokomotive mehr benötigt.

Die unterschiedlichen Kosten für b, d und e sind null, da sofort nach Ablauf des vorangegangenen Zuges der nachfolgende Zug durch die zweite Drucklokomotive in Gang gesetzt wird bezw. durch Betätigung der Bremsen in Gang kommt. Der Vergleichswert zu a errechnet sich folgendermaßen: Die Überführung der Lokomotive vom Ablaufpunkt bis hinter den letzten folgenden Zug erfordert etwa 5′.

Diese Zeit belastet zunächst den folgenden Zug, der nach Beendigung der Zerlegung des vorausgegangenen Zuges 5′ auf die Lokomotive warten muß. Da ferner im allgemeinen jedem ankommenden Zug ein abfahrender Zug entspricht, die Abfahrt im allgemeinen nach der Aufnahme der letzten Übergänge erfolgen soll, so wird infolge der Verzögerung der letzten Übergänge um 5′ auch die Abfahrt eines Zuges um 5′ verzögert. Daraus ergibt sich für jede durch Rückführung der Lokomotive bedingte Verzögerung der Zerlegung eine unterschiedliche Zeitbelastung von 5′ (50 + 50) = 8,33 Wagenstunden zu Ungunsten der Eselsrückenanlage. Aus dieser Zeitbelastung für den Kostenwert „Wagen", der sich aus Umlaufzeit, Anschaffungspreis, Unterhaltung und Altwert in Geldwert — etwa 15 Pf. pro Wagenstunde — umrechnen läßt, ergibt sich im weiteren auch die Zeitbelastung für den Kostenwert Gleis. Nimmt man an, daß ein Wagen im Mittel 24 m Gleis beansprucht und zwischen Ankunft und Abfahrt im Mittel 8 Stunden liegen, so entspricht dem täglichen Mehrbedarf von 1 Wagenstunde eine Gleismehrlänge von 3 m, von 8,33 Wagenstunden, somit ein Mehrbedarf von 25 m Gleis für jeden innerhalb von 24 Stunden ankommenden Zug.

Somit ergibt sich für jede durch Rückführung der Lokomotive bedingte Verzögerung der Zerlegung (Fall a) eine Mehrbelastung gegenüber Fall b, d und e von im wesentlichen

5′ für Lokomotive und Personal

bei 50 $\frac{M}{Std}$ (siehe Seite 64) 8,30 ℳ

8,33 Wagenstunden . . . . 1,25 „

25 · n m Gleismehrlänge,

wenn n die Zahl der innerhalb von 24 Stunden ankommenden Züge bedeutet, wovon die beiden ersten Positionen laufende Kosten pro Zug sind. Der Vergleich krankt vor allem an der Nichtberücksichtigung der Vor- und Nachhandlung, der Verlust- und Wartezeiten und der Beschränkung auf bestimmte Kostenwerte.

Kostenvergleiche für Gruppen von Betriebshandlungen auf Haupt- und Nebenablaufanlagen.

In den folgenden Untersuchungen, die dieses Ergebnis zum Teil ergänzen, erstreckt sich die Beschränkung nur auf die Hauptkostengruppe 5 : Unterhaltung, Verzinsung und Abschreibung der baulichen Anlagen, weil ihre Inrechnungsstellung nicht ohne Aufstellung der Entwürfe und der Kostenanschläge möglich ist. Die Hauptkostengruppe 4 wurde für die verglichenen Fälle als im wesentlichen gleich angesehen und tritt daher bei den unterschiedlichen Kosten nicht in Erscheinung. Ferner wurde die Annahme gemacht, daß die zu zerlegenden Züge im Zerlegungsgleis bereitstehen.

Mit diesen alleinigen Beschränkungen wurden die unterschiedlichen Gesamtkosten — unmittelbare und mittelbare mit der auf Seite 64 angegebenen Beschränkungen — folgender Betriebsvorgänge aufgestellt:

A Zuführung und Zerlegung auf Hauptablaufanlagen nach Profil I und II Tabelle 13. (Betriebshandlung 3 und 4 Seite 3.)

B Zuführung, Zerlegung, Kuppeln, Ausziehen auf Nebenablaufanlagen nach Profil I bis IV Tabelle 14. (Betriebshandlungen 3 bis 6 Seite 3.)

Die Hauptablaufprofile beschränken sich auf horizontale Sammelgleise, weil nach den Ausführungen in Kapitel V fallende Sammelgleise im allgemeinen nur dort anzuwenden sind, wo die gesammelten Wagen weiterhin zerlegt werden sollen, die Betriebshandlung (6 Seite 3) alsdann als Zerlegung anzusprechen ist, so daß nur die Betriebshandlungen 3 und 4 unterschiedliche Kosten ergeben. Um den bedeutenden Einfluß ferngesteuerter Bremsmittel zu zeigen, sind außerdem die Vergleichskosten der mit diesen Bremsmitteln ausgestatteten Profile Ia und IIa aufgestellt worden. Um endlich bei stärkerem Wagenanfall der zur Beschleunigung der Ausrüstung des zu zerlegenden Zuges mit der bewegenden Kraft notwendigen Vermehrung der Drucklokomotive bezw. der Zulaufbremser gerecht zu werden, ist weiterhin unterschieden nach normaler Betriebsweise (Fälle a und c, Seite 60) und beschleunigter Betriebsweise (Fälle b und d), so daß folgende Hauptablaufprofile einer Grundanordnung von 45 Sammelgleisen miteinander in Vergleich gesetzt werden:

Profil I: Eselsrückenanlage mit Hemmschuhlegern;

Profil Ia: Eselsrückenanlage mit fernbedienten Vorbremsen und Bremsvorlegern als Sicherheitsposten;

Profil II: Anlage mit fallendem Zerlegungsgleis, Regelung der Zuführungsgeschwindigkeit durch Zulaufbremser, Bremsung der ablaufenden Wagen ausschließlich durch Hemmschuhleger;

Profil IIa: Anlage mit fallenden Zerlegungsgleisen. Die Zuführungsgeschwindigkeit wird durch fernbediente Haltbremsen geregelt, die Bremsarbeit teilweise durch ferngesteuerte Vorbremsen geleistet.

Für sämtliche 4 Bauformen ist normale und beschleunigte Betriebsform untersucht.

Die Untersuchungen von Nebenablaufprofilen erstrecken sich auf eine Grundanordnung von 10 Sammelgleisen, umfassen 4 Bauformen und bei den höher entwickelten 2 bis 4 außer der Betriebsform der ausschließlichen Hemmschuhbremsung die Ausrüstung der Anlagen mit ferngesteuerten Bremsmitteln, so daß sich 7 Vergleichsrechnungen ergeben. Figur 31 gibt eine Zusammenstellung der 11 untersuchten Profilausbildungen.

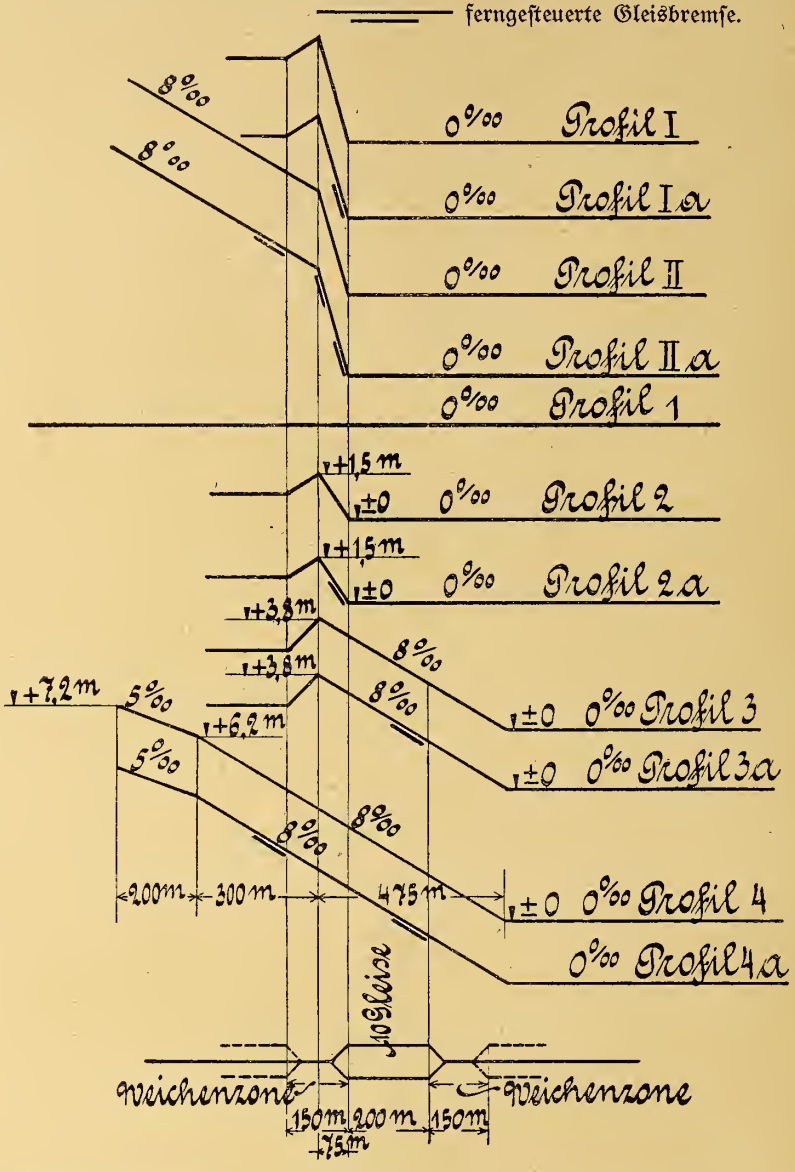
Zeitbedarf.

Zunächst war der Zeitbedarf der einzelnen Kostensummanden festzustellen. Um den praktischen Verhältnissen möglichst gerecht zu werden

und im weiteren den Einfluß des Grades der Zerlegung auf die Kosten feststellen zu können, sind sämtliche Zeitrechnungen sowohl für den ungünstigen Fall der Zerlegung in einzelne Wagen (Fall A), als auch für den günstigen Fall der Zerlegung in Gruppen (Fall B) durchgeführt.

Figur 31.

Zusammenstellung von
2 Hauptablaufprofilen I bis IIa und 4 Nebenablaufprofilen 1 bis 4a
deren unterschiedlichen Betriebskosten berechnet sind.



Hauptablaufanlage.

Die Untersuchungen in Kapitel IV haben bewiesen, daß die mittlere Zuführungsgeschwindigkeit bei Profil II größer ist als bei Profil I. Nimmt man für letzteres im Falle A die Zuführungsgeschwindigkeit v_o zu 0,6 m/sec an, so würde gemäß Anlage 14 bei konstanter Zuführungsgeschwindigkeit für Profil II etwa 0,8 m/sec anzusetzen sein. Da wie eben dort nachgewiesen, die Anpassungsmöglichkeit der tatsächlichen Zuführungsgeschwindigkeit an die zulässige für Profil II größer (schätzungsweise um 20%) ist als bei Profil I, so ist, wenn die mittlere Zeitfolge der Einzelabläufe für Profil I mit 13,3", angesetzt wird, die für Profil II 9".

Die Gruppenabläufe (Fall B) seien dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Zuführungsgeschwindigkeit für Profil I 1,2 m/sec beträgt. Dann ergibt sich aus vorigem für die mittlere Zeitfolge bei Profil I 6,6", bei Profil II 4,5". Daraus errechnet sich die Zerlegungszeit durch Hinzuzählung der Zuführungszeit, d. h. der Zeit vom Ingangsetzen des zu zerlegenden Zuges bis zum Ablaufen der ersten Achse. Sie beträgt bei Profil I 3' pro Zug, bei Profil II 1' pro Zug. Die sich daraus ergebenden Zerlegungszeiten sind in Tabelle 10 zusammengestellt.

Nebenablaufanlagen.

Zeitanteil I für Zuführung und Zerlegung des Zuges.

Profil 1.

Fall A. Auf Grund von Beobachtungen kann im Mittel angenommen werden, daß auf 6 Abstöße einmal Vorziehen des restlichen Zugteils mit dem Zeitaufwand 90" oder pro Wagen 15" entfällt, da sonst

das Zugende in die Weichenzone hineingerät. Die Rangierabteilungen betragen im Mittel 20 Wagen, so daß ein Zug von 50 Wagen in 3 Teilläufen behandelt wird. Die Angriffnahme des folgenden Teils nach Abstoßen des vorhergehenden kostet einen Zeitverlust von etwa 5′; davon entfallen auf den Wagen etwa 10″.

Zu diesem Zeitaufwand von 25″ sind für jeden Abstoß hinzuzuzählen:
für Anfahren 15″,
für Bremsen 10″,
für Warten bis zum folgenden Abstoß 10″.
Somit Zeitanteil I pro Wagen 60″.

Fall B. Die Zahl der Abstöße ist etwa 15, die Zerlegungszeit pro Abstoß unter Verschiebung der Teilbeträge insgesamt wiederum 60″.

Profil 2.

Fall A. Unter Hinweis auf die zu Profil I gemachten Ausführungen werde auch hier die mittlere Zeitfolge mit 13,3″ angesetzt. Die Zuführungszeit beträgt etwa 2′ oder pro Wagen 2″. Somit der Zeitanteil I pro Wagen 15″.

Fall B.
Mittlere Zeitfolge 6,6″
Zuführungszeit . . 2″
Zeitanteil I 8,6″ pro Wagen.

Profil 3.

Fall A. Wegen der ungünstigeren Profilausbildung muß im Verhältnis zu den Annahmen für Profil 2, gemäß Anlage 14, eine mittlere Zuführungsgeschwindigkeit von 0,5 m/sec angesetzt werden. Daraus ergibt sich:
Mittlere Zeitfolge 16″
Zuführungszeit . . 2″
Zeitanteil I 18″ pro Wagen.

Fall B.
Mittlere Zeitfolge 8″
Zuführungszeit . . 2″
Zeitanteil I 10″ pro Wagen.

Profil 4.

Fall A. In Anlehnung an die Ausführungen zu Profil II soll die mittlere Zeitfolge mit 9″ angesetzt werden. Die Beschleunigung des im Gefälle 8‰ stehenden Zuges beträgt etwa 0,06 m/sec²; somit auf 100 m Anfahrstrecke die Zuführungszeit etwa 60″ oder pro Wagen 1′. Somit der Zeitanteile I 10″ pro Wagen.

Fall B. Entsprechend
mittlere Zeitfolge 4,5″
Zuführungszeit . 1′
Zeitanteil I 5,5″ pro Wagen

Zeitanteil II für Kuppeln der Abläufe.

Zum Einhängen der Kuppelungen eines zusammengedrückten Zuges gebraucht ein Arbeiter im Mittel pro Kuppelung 30″.

Profil 1 und 2.

Es wird angenommen, daß 2 Rangierer gleichzeitig arbeiten; somit Zeitanteil II 15″ pro Wagen bezw. Wagengruppe.

Profil 3 und 4.

Da die im Gefälle liegenden Sammelgleise Gewähr bieten, daß die Wagen stets aufgereiht stehen, rechtfertigt sich die Annahme
Zeitanteil II 7″ pro Wagen bezw. Wagengruppe.

Tabelle 10.

Rangierzeiten eines Wagenzuges von 50 Wagen auf den 2 Hauptablaufanlagen.

	Profil I	Profil II	Bemerkungen
Fall A	(13,3″ + 3″) · 50 = 14′	(9″ + 1″) · 50 = 8′	Einzelabläufe
Fall B	(6,6″ + 3″) · 50 = 8′	(4,5″ + 1″) · 50 = 5,5′	Gruppenabläufe

Zeitanteil III für Zusammensetzen der Zugteile
ergibt sich aus den Ausführungen in Kapitel V Seite 56
für Profil 1 und 2
zu 150″ für jede Zuggruppe,
für Profil 3 und 4
zu 60″ für jede Zuggruppe.
Diese Zeiten sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11.

Rangierzeiten eines Wagenzuges von 50 Wagen auf den 4 Nebenablaufanlagen.

	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Bemerkungen
	Fall A: Einzelabläufe.				
Zeitanteile					
I für Zerlegung	50 · 60″ = 50′	50 · 15″ = 12,5′	50 · 18″ = 15′	50 · 10″ = 8,3′	
II „ Kuppelung . . .	50 · 15″ = 12,5′	50 · 15″ = 12,5′	50 · 7″ = 6′	50 · 7″ = 5,9′	
III für Zusammensetzen	10 · 50″ = 25′	10 · 150″ = 25′	10 · 60″ = 10′	10 · 60″ = 10′	
	87,5′	50′	31′	24′	
	Fall B: Gruppenabläufe.				
Zeitanteile					
I für Zerlegung	15 · 60″ = 15′	50 · 8,6″ = 7,2′	50 · 10″ = 8,3′	50 · 5,5″ = 4,5′	
II „ Kuppelung . . .	15 · 15″ = 3,8′	15 · 15″ = 3,8′	15 · 7″ = 1,3′	15 · 7″ = 1,3′	
III „ Zusammensetzen	10 · 150″ = 25′	10 · 150″ = 25′	10 · 60″ = 10′	10 · 60″ = 10′	
	44′	36′	20′	16′	

Bedarf an Personal und technischen Hilfsmitteln.

Zur Feststellung der unmittelbaren Kosten wurde für sämtliche 15 Vergleichsfälle der unterschiedliche Bedarf an Betriebspersonal, Lokomotiven und Bremsmitteln festgestellt und untersucht, auf welche Zeitdauer die einzelnen Kostenwerte beansprucht werden. Es wurde im allgemeinen in Ermangelung eines Betriebsplanes die Annahme gemacht, daß Lokomotiven und die dazu gehörige Rangierbrigade, bestehend aus einem Rangierführer und 3 Rangierern, nach Beendigung ihrer Leistung sofort anderwärts Verwendung finden. Die Verlustzeiten für die Überführung von einer Verwendung zur anderen sind somit nicht in Anrechnung gekommen, ferner die unvermeidlichen Wartezeiten, die dadurch entstehen, daß die Vorbedingungen für die Inangriffnahme einer Betriebshandlung nicht erfüllt sind, z. B. Behinderung durch eine andere Betriebshandlung, ungenügende Ausnutzung, z. B. infolge geringen Wagenabfalls. Die Anlagen mit Lokomotivbetrieb schneiden daher beim vorliegenden Vergleich zu günstig ab.

Die Bremsmittel und ihre Bedienungsmannschaften können im allgemeinen zu anderen Handlungen nicht hinzugezogen werden. Sie fallen daher mit der gesamten Zeitdauer den zu untersuchenden Betriebshandlungen zur Last.

Um die mittelbaren Kosten zu erhalten war nötig, die Stärke des Verkehrs in die Rechnung einzuführen. Bei den Hauptablaufanlagen mit 10, 20, 30, 40 Zügen für die 8-stündige Arbeitsschicht, bei den Nebenablaufanlagen mit 2, 4, 6, 10, 14, 18 Zügen für dieselbe Zeit.

Im Einzelnen gibt die Tabelle 12 den Überblick über den unterschiedlichen Bedarf an Personal, Lokomotiven und Bremsmitteln.

Die sich daraus ergebenden Kostensummen sind in den Tabellen 13 und 14, Anlage 18, übersichtlich zusammengestellt.

Um die Ergebnisse in Vergleichszahlen zusammen fassen zu können, sind in Tabelle 15 die in die Rechnung eingezogenen Einheitskostenwerte für den Preisstand vor dem Kriege zusammengestellt und ihnen zur Klärung der Frage, in wieweit die Preisverschiebungen auf die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit Einfluß genommen habe, die Einheitswerte des Sommers 1920 gegenübergestellt.

Die Vergleichskostenzahlen sind alsdann in Tabelle 16 für einen schwachen und einen starken Zuganfall zusammengestellt.

Tabelle 12.

Zusammenstellung des unterschiedlichen Bedarfs der 2 **Hauptablaufanlagen** an Personal und technischen Hilfsmitteln. (45 Sammelgleise.)

	Profil I		Profil Ia		Profil II		Profil IIa		Lohn bezw. Kosten pro Minute Siehe Tabelle 15
	normal	beschleunigt	normal	beschleunigt	normal	beschleunigt	normal	beschleunigt	
Rangierleiter	1	2	1	2	1	2	1	2	b
Rangierer	2	2	2	2	2	2	2	2	a
Hemmschuhlegerobmann	2	2	1	1	2	2	1	1	a
Hemmschuhleger	18	18	8	8	18	18	8	8	a
Rückenbremser	5	5	—	—	5	5	—	—	a
Lokomotiven und Personal	1	2	1	2	—	—	—	—	d
Bremser (Zulauf)	—	—	—	—	3	6	—	—	a
Lfdm. Gleisbremse	—	—	125	125	—	—	195	195	$g + g_1 n$

Bemerkung:

n = Zahl der Wagen innerhalb einer Arbeitsschicht.
Unterstrichene Positionen bedeuten: beansprucht für die gesamte Arbeitsschicht.
Nichtunterstrichene Positionen bedeuten: beansprucht für die Zerlegungszeit, Zeit I.

Zusammenstellung des unterschiedlichen Bedarfs der 4 **Nebenablaufanlagen** an Personal und technischen Hilfsmitteln. (10 Sammelgleise.)

Bedarf	Bezeichnung	Bedarf	Bezeichnung
Profil 1			
1 Rangierleiter	b		
1 Rangierbrigade	c		
3 Hemmschuhleger	3a		
1 Lok. u. Personal	d		
Profil 2		**Profil 2a**	
1 Rangierleiter	b	1 Rangierleiter	b
1 Rangierbrigade	c	1 Rangierbrigade	c
4 Hemmschuhleger	3a	2 Hemmschuhleger	3a
1 Lok. u. Personal	d	1 Gleisbremser	3a
		1 Lok. u. Personal	d
		2×12 = 24 m Gleisbremse	$24 g + g_1 \cdot n$
Profil 3		**Profil 3a**	
1 Rangierleiter	b	1 Rangierleiter	b
1 Rangierbrigade	c	1 Rangierbrigade	c
4 Hemmschuhleger	6a	2 Vorlegebremser	3a
2 Ablasser	6a	1 Gleisbremser	3a
1 Lok. u. Personal	d	1 Lok. u. Personal	d
		10×9 = 90 m Gleisbremse	$90 g + g_1 \cdot n$
Profil 4		**Profil 4a**	
1 Rangierleiter	b	1 Rangierleiter	b
1 Rangierbrigade	c	2 Vorlegebremser	2a
4 Hemmschuhleger	6a	30×10 · 9 = 10 m Gleisbremse	$120 g \cdot g_1 n$
2 Ablasser	6a		

Bemerkung:

n = Zahl der Wagen in einer Arbeitsschicht.
Nicht unterstrichene Positionen bedeuten: beansprucht für die Rangierzeit, Zeit I, II, III.
Unterstrichene Positionen bedeuten: beansprucht für die gesamte Arbeitsschicht.
Unterstrichelte Positionen bedeuten: beansprucht für die Zerlegungszeit, Zeit I.

Tabelle 15.

Zusammenstellung der Einheitskosten.

Preisstand 1914.	Preisstand 1920.
a) Lohn eines Arbeiters (Hemmschuhlegers, Hemmschuhlegerobmanns, Gleisbremsers, Rückenbremsers, Rangierers) Unter mittleren Verhältnissen Gesamtkosten einschließlich Versicherung, besondere Zuwendungen 1800 Mk./Jahr. Bei 300 Arbeitstagen und 10 stündiger Schicht a = 1 Pf./Min.	Nach dem im Sommer 1920 abgeschlossenen Reichslohntarif erhalten vorbenannte Arbeiter einen durchschnittlichen Lohn: Stundenlohn . . . . . 4.10 Mk. Stundenzulage f. j. Kind . . 0.20 „ Stundenlohn bei einem Kind 4.30 Mk. bei monatlich 208 Stunden Arbeitszeit . . 10700 Mk./Jahr ferner zahlt die Verwaltung für Krankenkasse, Arbeiterpensionskasse, Unfallrente . . . . . 400 Mk./Jahr Gesamtkosten eines Arb. 11100 Mk./Jahr
b) Gehalt eines unteren Beamten (Rang.-meisters, Rangierführers). Unter mittleren Verhältnissen mittleres Jahresgehalt, einschließlich Wohnungsgeld und Zuschlag für Pension eines Rangierleiters . . . . 2250 Mk. eines Rangierführers . . . 1900 „ im Mittel . . . . . 2075 Mk. Bei 300 Arbeitstagen und 10 stündiger Schicht b = 1,15 Pf./Min	Nach der Reichsgehaltsreform 1920 beziehen die in die Gehaltsgruppe III eingereihten Stellwerkswärter pp. Gehalt im Mittel . . . . . 6300 Mk./Jahr mittlerer Ortszuschlag . 2100 „ „ 50% Teuerungszuschlag 4200 „ „ Kinderzulage für 1 Kind 900 „ „ zusammen 13500 Mk./Jahr ferner zahlt die Verwaltung an Pension 500 Mk./Jahr Gesamtkosten 14000 Mk./Jahr Bei 8 stündiger Arbeitsschicht und 300 Arbeitstage b = 9,7 Pf./Min.
c) Lohn einer Rangierbrigade bestehend aus einem Rangierführer und drei Rangierern. b = 6,15 Pf./Min.	c = 32,2 Pf./Min.
d) Kosten einer Rangierlokomotive mit Lokomotivführer und Heizer einschließlich Verbrauches an Heiz- und Schmierstoffen. Oder*) ermittelte für eine Rangierlokomotivstunde 4,96 Mk. Es soll mit 5 Mk./Std. gerechnet werden, somit d = 8,3 Pf./Min.	Die Erhöhung der Sätze für Leihlokomotive im Sommer 1920 auf etwa das 10fache des Friedensbetrages, die Verteuerung der Kohlen auf das 12fache lassen die Gestehungskosten einer Rangierlokomotivstunde einschl. Personal von 50 Mk. als angemessen erscheinen. Es ist sogar zu erwarten, daß die Kohlenpreise sich weiterhin den Weltmarktpreisen anzugleichen streben, so daß mit einer weiteren Verteuerung der Rangierlokomotivstunde zu rechnen ist. d = 83 Pf./Min.
g) Verzinsung, Amortisation und Unterhaltung von 1 lfdm. Gleisbremse. Anschaffungspreis 350 Mk./lfdm., 15% Amortisation, Verzinsung und Unterhaltung g = 0,009 Pf./lfdm. u. Min.	Anschaffungspreis 3000 Mk./lfdm., 15% für Verzinsung, Amortisation und Unterhaltung g = 0,084 Pfg./lfdm. u. Min.

Der Satz von 15% zieht die durch Verminderung der Hemmschuhlegerbremsung bedingten Ersparnisse an Unterhaltskosten der Hemmschuhe in Betracht.

g1) Verbrauch an elektrischer Energie für jeden gebremsten Wagen. Bei einer mittleren Länge der Bremse von 15 m, einem Gewicht der beweglichen Teile der Bremse von 500 kg/lfdm. einem mittleren Bremshub von 5 cm und einer nutzbaren Hubarbeit von 25% der elektrischen Energie ist die aufzuwendende elektrische Energie für jeden Wagen 15000 mkg und die Stromkosten bei einem Strompreis von 0,26 Mk./Kwstd. g_1 = 0,08 Pf./Wagen.	Bei einem Strompreis von 1,6 Mk./Kwstd. g_1 = 0,5 Pf./Wagen.

*) Archiv 1904, S. 1349.

Der Einfachheit halber sind sämtliche Gleisbremsen in den Tabellen 11 bis 14 als Bremsschienengleisbremsen nach Figur 9—17 angenommen worden. In fallenden Sammelgleisen wird man häufig — s. S. 58 — Hemmschuhgleisbremsen nach Figur 1 verwenden können, die im Mittel etwa 15000 Mk. Anschaffungswert darstellen und deren Betriebskosten unbedeutend sind.

Tabelle 16.

Zusammenstellung von Ersparnissen an Betriebskosten für 1 Zug. bei einem Zuganfall pro 8-stünd. Schicht von:

Lfd. Nr.	In Kostenvergleich gestellte Profile	Fall	10 Zügen		30 Zügen		Bemerkungen
			1914	1920	1914	1920	
1	I — II norm.	A	+ 1,1	+ 3	+ 0,9	+ 10	Aus Tabelle 13
		B	— 0,6	— 2,8	+ 0,2	+ 3,9	
2	I — II beschl.	A	— 0,2	+ 3,4	+ 1,6	+ 18	
		B	— 1,4	— 7,9	+ 0,5	+ 6,7	
3	Ia—IIa norm.	A	+ 0,9	+ 5	+ 1,2	+ 10	
		B	+ 0,4	— 0,7	+ 0,5	+ 4,2	
4	Ia—IIa beschl.	A	+ 2,2	+ 17,4	+ 2,3	+ 22,3	
		B	+ 1,8	+ 6,1	+ 2,7	+ 15,6	
5	I — Ia norm.	A	+ 8,3	+ 57	+ 2,3	+ 18,6	
		B	+ 7,1	+ 57	+ 2,3	+ 18,6	
6	II — IIa norm.	A	+ 8,1	+ 59	+ 2,6	+ 19	
		B	+ 8,1	+ 59	+ 2,6	+ 19	
7	II — Ia norm.	A	+ 7,2	+ 54	+ 1,4	+ 9	
		B	+ 7,7	+ 59,8	+ 2	+ 14,7	
8	I — IIa norm.	A	+ 9,2	+ 62	+ 3,4	+ 28,7	
		B	+ 7,5	+ 56,3	+ 2,8	+ 22,9	
9	i — IIa beschl.	A	+ 9,3	+ 74,4	+ 4,7	+ 41	
		B	+ 8,1	+ 63,1	+ 3,5	+ 29,8	
			2 Zügen		6—10 Zügen		
10	2 — 3	A	+ 0	+ 6,5	+ 3	+ 25	Aus Tabelle 14
		B	+ 0	— 1,5	+ 3,6	+ 26,8	
11	3 — 4	A	+ 1,5	+ 15,5	+ 1,6	+ 15,6	
		B	+ 0	+ 8	+ 0	+ 8,1	
12	2 — 4	A	+ 1,5	+ 22	+ 4,7	+ 45,8	
		B	0	+ 6,5	+ 3,6	+ 34,9	
13	2 — 2a	A	+ 1,5	+ 18	+ 0,7	+ 6	
		B	+ 2	+ 13,5	+ 0,2	+ 2,5	
14	3 — 3a	A	+ 5	+ 36,5	+ 1	+ 7,3	
		B	+ 4	+ 36	+ 0,2	+ 7,1	
15	4 — 4a	A	+ 7,5	+ 51	+ 1,7	+ 12	
		B	+ 7	+ 49,5	+ 1,6	+ 10,9	
16	2 — 4a	A	+ 9	+ 73	+ 7,2	+ 64,3	
		B	+ 7	+ 56	+ 5,2	+ 45,8	
17	1 — 4a	A	+ 11,5	+ 52,5	+ 11,5	+ 104,5	
		B	5,5	+ 48	+ 5,7	+ 51,6	

Folgerungen aus den Kostenvergleichen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit.

Zunächst geben die in den Tabellen 10 und 11 zusammengestellten Rangierzeiten einen Überblick über die Leistungsfähigkeit der Höhenprofile zueinander und lassen unter sinngemäßer Berücksichtigung der Verlust- und Wartezeiten (Seite 58) einen Rückschluß auf die Höchstleistungen zu. Je größer die Rangierzeiten, um so kleiner die Zahl der täglich rangierten Züge. Somit verhalten sich die täglich auf den Profilen 1 bis 4 (Nebenablaufanlage) zu erzielenden Höchstleistungen

im Falle A (Einzelabläufe) wie 6 : 10 : 16 : 21,
im Falle B (Gruppenabläufe) wie 11 : 14 : 25 : 31.

Die Zahlen zeigen, daß die Anordnung 1 für Einzelzerlegung wenig leistungsfähig ist — sie kann pro Tag höchstens 10 Züge leisten —, daß ihre Leistungsfähigkeit aber stärker als die der anderen Profile bei Gruppenabläufen gewinnt. Das Abstoßverfahren kann daher, namentlich bei der Zerlegung von Zügen in einige große bunte Gruppen, aushilfsweise zweckmäßig sein unter Benutzung der Spitzen von Gleisen, die im wesentlichen anderen Zwecken dienen, in Fällen, wenn die Haupt- oder Nebenablaufanlagen belegt oder die Geringfügigkeit der Rangierbehandlung eine Überführung des Zuges auf diese Anlagen unzweckmäßig erscheinen läßt.

Die Zahlen zeigen weiter die erheblichen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Profile 2, 3 und 4 und beweisen im besonderen, daß Nebenablaufanlagen mit durchgehendem Gefälle etwa die doppelte Leistungsfähigkeit haben als solche mit Eselsrücken und horizontalen Sammelgleisen. Für die Hauptablaufanlagen nach Profil I und II ist der Rückschluß von den in Tabelle 10 zusammengestellten Rangierzeiten auf die Leistungsfähigkeit weniger zuverlässig, weil in die Rangierzeiten nur die Zuführungs- und Zerlegungszeiten einbezogen worden sind. Sind jedoch die Hauptablaufanlagen nach Betriebsweise und Zahl der Sammelgleise so eingerichtet, daß die der Zerlegung folgenden Betriebshandlungen im wesentlichen als Nebenhandlungen erscheinen (Kap. I, Seite 3), so dürfte immerhin der Schluß zulässig sein, daß sich dann die Leistungsfähigkeit der Profile I und II verhalten wie 7 : 12.

Hinsichtlich der Betriebskosten.

Die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Kosten pro Zug für starken und für schwachen Zuganfall zeigt:

1. daß die leistungsfähigeren Profile auch bei schwachem Zuganfall die wirtschaftlicheren sind. (Siehe lfd. Nr. 1, 2, 10 bis 12 der Tabelle 13.)

2. daß die Ausrüstung mit fernbedienbaren Gleisbremsen ganz erhebliche Ersparnisse bringt. Die unter lfd. Nr. 3, 4 und 13 bis 15 nachgewiesenen Ersparnisse sind absolute Ersparnisse infolge der Verwendung der Gleisbremsen, da die verglichenen Profile in allen anderen Umständen vollständig übereinstimmen. Sie sind um so größer, je mehr mit Schwerkraft gearbeitet wird, und zeigen, daß namentlich bei geringem Zuganfall durch Ersetzung von Menschen und Lokomotiven mit ihren hohen Einheitskosten, die für Arbeits- und Wartezeiten gleichbleiben, durch Gleisbremsen mit ihren unverhältnismäßig geringen Einheitskosten (siehe Tabelle 15) erhebliche Ersparnisse zu erzielen sind. (Siehe auch lfd. Nr. 7—9, 13—16.)

Im einzelnen zeigt der Vergleich, daß das Hauptprofil I etwa gleiche Betriebskosten hat wie II, nur verschieben sich die Lokomotiv- und Personalkosten. Profil II hat einen höheren Personalbedarf, Profil I einen höheren Lokomotivbedarf, der sich allein für die Betriebshandlung der Zerlegung aus Tabelle 17 ergibt.

Tabelle 17.

Lokomotivbedarf
für eine Zerlegung (Hauptablaufanlagen).

Profil I		Profil II		
normal	beschl.	normal	beschl.	
14′	28′	0	0	Einzelablauf
8′	16′	0	0	Gruppenablauf

Die Nebenprofile 3 und 4 weisen in steigendem Maße einen höheren Personalbedarf auf als 2, haben aber demgegenüber erhebliche Ersparnisse an Lokomotivstunden. (Tabelle 18.)

Tabelle 18.

Lokomotivbedarf
für Zerlegen und Sammeln (Nebenablaufanlagen).

Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	
87,5′	50′	15′	0′	Einzelabläufe
44′	36′	8′	0′	Gruppenabläufe

In welchem Umfange die Betriebskosten durch Verbesserung der Anlagen herabgemindert werden können, zeigt für Hauptablaufanlagen Tabelle 16 lfd. Nr. 9, die für Profil II a allein für die Betriebshandlung der Zerlegung gegenüber Profil I bei geringem Zuganfall 9 bezw. 62 ℳ pro Zug, bei großem Zuganfall 3,4 bezw. 28,7 ℳ pro Zug nachweist; für Nebenablaufanlagen ergibt sich aus lfd. Nr. 16 für Profil 4 a gegenüber 2 eine Betriebskostenersparnis von 9 bezw. 73 ℳ pro Zug bei schwachem Zuganfall und 7 bezw. 64 ℳ pro Zug bei starkem Zuganfall. Wie unwirtschaftlich selbst bei geringem Zuganfall das Abstoßverfahren ist, zeigt lfd. Nr. 17. Diese Betrachtungen können durch Zuhilfenahme der Tabellen 13 und 14, Anlage 18 weiterhin gestützt werden, wie überhaupt diese Tabellen den umfassenderen Überblick geben.

Bei der Beurteilung dieser Zahlen ist nicht zu vergessen, daß ihnen mangels genauerer Angaben die Annahme zugrunde gelegt wurde, daß für die verglichenen Anordnungen Verlust- und Wartezeiten bis auf die in der Tabelle 12 im einzelnen festgelegten Unterschiede gleich sind. Es steht aber außer Frage, daß für Schwerkraftanlagen die Verlustzeiten geringer sind als für Lokomotivkraftanlagen, und sich infolgedessen in Wirklichkeit die Kostenvergleiche für die Schwerkraftanlagen noch günstiger stellen.

Auch die unterschiedlichen Kosten für Heben der Züge und für Erdarbeiten sind für die Bildung eines Gesamturteils unerläßlich. Da sie aber stark von der Gesamtanordnung des Bahnhofs abhängen, soll auf diese Kosten erst im Anschluß an Kapitel VII eingegangen werden.

Kapitel VII.

Die Beziehungen der eigentlichen Ablaufanlagen (Grundanordnungen) zu einander und zu den übrigen Bahnhofstellen.

Die Rangieraufgaben und die zu ihrer Bewältigung wichtigsten Bahnhofsteile.

Die für den Bau und Betrieb von Rangieranlagen maßgebenden Rangieraufgaben sind:

1. Auflösen von Zügen zum Zwecke der Bildung neuer Züge;
2. Stationsweises Ordnen von Nahgüterzügen;
3. Gruppenweises Ordnen von Durchgangsgüterzügen;
4. Zu- und Absetzen von Gruppen an im wesentlichen durchfahrende Fern- und Durchgangszüge oder zur Auslastung;
5. Sammeln von Wagen zur Bildung möglichst direkter Züge oder Zuggruppen.

Hierzu kommen als wichtigste betriebliche Aufgaben im Rahmen dieser Untersuchung:

6. Lokomotiv- und Personalgestellung bezw. -wechsel;
7. Abstellen von Wagen und Zügen.

Endlich sind als kleine Rangieraufgaben zu nennen:

8. Wegführen von Lokomotive und Packwagen von den ankommenden Zügen und Anbringen an die abfahrenden;
9. Schonliche Behandlung der unter Umständen vom Ablauf auszuschließenden Viehwagen, Wagenkrane, Tarierwagen, Pulverwagen, besetzten Personen- und Postwagen, Langholzwagen;
10. Dringliche Behandlung der Eilgut- und Stückgutwagen, der Wagen mit Ausführgut oder mit bestimmten Beförderungskursen;
11. Vorschriftsmäßige Verteilung der Bremswagen.

Zur Bewältigung dieser Aufgaben befinden sich auf den bestehenden Verschiebebahnhöfen im allgemeinen:

1. Einfahrgleise, die meist noch als Puffergleis ausgebildet sind, damit bei mangelhafter Aufnahmefähigkeit der eigentlichen Rangieranlagen z. B. infolge Stauungen vor dem Hauptablaufberg oder Überfüllung der daran angeschlossenen Richtungsgleise ankommende Güterzüge auf der Strecke nicht liegen bleiben und den Hauptzugverkehr stören.
2. Hauptablaufanlagen;
3. Nebenablaufanlagen;
4. Ausfahrgleise, in die fertiggestellte Züge zur Ausfahrt bereitgestellt werden, um die eigentlichen Rangieranlagen unter 2. und 3. frei zu machen;
5. Überholungsgleise zur Behandlung im wesentlichen durchfahrender Züge;
6. Aufstellgleise;

Die Frage, wann und in welchem Umfange die Betriebsaufgaben die aufgezählten Gleisanlagen notwendig machen, liegt außer Betrachtung.

Hier gilt nur die Frage zu erörtern, wie derartige Anlagen zweckmäßig zu einander gruppiert werden.

Die Antwort ergibt sich zum Teil schon aus den Untersuchungen in Kapitel IV und V, die ein Urteil über die Einzelausbildung der Grundanordnung ermöglichen und aus denen sich ohne weiteres auch Richtlinien für die Verbindung der Grundanordnungen untereinander und mit anderen Gleisgruppen ergeben. Derartige Kostenvergleiche stellen auch die einzige Grundlage dar, um im Einzelfall ein endgültiges Urteil über die Zweckmäßigkeit oder Verbesserungsfähigkeit eines Entwurfs im Vergleich zu anderen Entwürfen zu gewinnen, und dieses Urteil wird stets um so bestimmter ausfallen können, je eingehender die Vergleichsentwürfe ausgearbeitet sind. Auch bei diesen Untersuchungen erstreckt sich die Vergleichsrechnung zweckmäßig auf einzelne Betriebshandlungen oder Gruppen von Betriebshandlungen unter Einbeziehung der unterschiedlichen Vor- und Nachbehandlungen, z. B. Überführung der Wagen von einer Gruppe zur anderen.

Richtlinien für die Gruppierung der Bahnhofsteile.

Lediglich zur Erleichterung der ersten Entwurfsaufstellung sollen einige Richtlinien entwickelt werden. Diese können nicht auf der Grundlage reiner Zeituntersuchungen gefunden werden, deren Anwendbarkeit sich im wesentlichen auf Einzelnuntersuchungen — z. B. wie die in Kapitel IV angestellten — beschränken.

Sie sollen im folgenden aus dem Begriff der Zeitbelastung (siehe S. 58) abgeleitet werden.

Als unbewiesener Grundsatz kann gelten:

Eine Anlage entspricht einer Handlung um so mehr, je geringer die Zeitbelastung dieser Handlung ist. Daraus folgt:

Die Zeitbelastung einer Betriebshandlung soll möglichst nur die unmittelbar von dieser Betriebshandlung betroffenen Kostenwerte belasten; das heißt z. B.:

I. Die Gleisanlagen müssen so angeordnet werden, daß die einzelnen Betriebshandlungen sich nicht gegenseitig stören oder aufeinander warten müssen.

II. Die Einrichtungen zur Erzielung der Bewegung der Fahrzeuge — Ausbildung des Höhenprofils, die technischen Hilfsmittel: Lokomotiven und Bremsmittel — müssen so gewählt sein, daß eine Betriebshandlung nicht deswegen warten muß, weil die für ihre Erledigung notwendigen technischen Hilfsmittel für eine gleichzeitig stattfindende andere Betriebhandlung gebraucht werden.

III. Die Gleisgruppen müssen so miteinander verbunden sein, daß Umsetzungen von Wagen aus einer Gleisgruppe in eine andere möglichst vermieden werden, notwendige Überführungsfahrten möglichst keine Leerfahrten bedingen.

Da die Belastung der verschiedenen Bahnhofsteile beliebig und stark wechselt, folgert aus dem Grundsatz weiterhin,

IV. daß jede Gleisanlage so auszuführen ist, daß sie für möglichst viele Betriebshandlungen herangezogen werden kann, um an Reservegleisen zu sparen und dadurch den Kostensummand der Gleis- und Baukosten gering zu halten.

Daraus ergibt sich als allgemeine Richtlinie: in weitgehendem Umfang Gleisgruppen an die Hauptablaufanlage anzuschließen und zwar:

1. Die Ausfahrgleise. Nach Fertigstellung eines bunten oder nach Gruppen geordneten Zuges in einem Sammelgleis laufen die Wagen dieser Richtung in ein anderes Gleis ab und der Zug bleibt so lange in dem Sammelgleis, bis er ausfahren kann. Die Überführungsfahrt ist ersetzt durch die Umbestimmung eines an den Ablaufpunkt angeschlossenen Gleises. (Folgerung III. und IV.)

2. Die Puffergleise, die bei stockendem Wagenablauf oder besetzten Sammelgleisen der Aufstellung von Zügen dienen. Wie auf Seite 43 näher ausgeführt, sind Einfahrpuffergleise schon aus dem Grund bedenklich, weil die abgestellten Züge sich abkühlen, und dann namentlich bei geringen Außentemperaturen schlecht ablaufen. Dazu kommt, daß die Wartezeiten der in Einlaufpuffern abgestellten Züge (wie auf Seite 60 näher erläutert) eine hohe Zeitbelastung ergeben und vor allem deswegen sehr schädlich sind, weil sie den Wagenübergang verzögern. Und da ferner das Puffer-

bedürfnis auch für ausfahrende Züge auftreten kann, und die gesamten Gleisanlagen des Verschiebebahnhofs als Puffer für den Güterverkehr der einmündenden Strecken angesehen werden müssen, ist geboten, Puffergleise nicht vor, sondern hinter den Ablaufpunkt zu legen und die Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit der Ablaufanlage genügend zu heben.

3. Aufstellgleise. Sie dienen allgemein zum Aufstellen von Wagen oder Zügen, an denen Betriebshandlungen während dieser Zeit nicht vorgenommen werden sollen. Dieses Aufstellen unterscheidet sich von dem unter 2. behandelten nur durch die Zeitdauer. Es ist daher notwendig, die Aufstellgleise zu Pufferzwecken wie auch die Puffergleise zu Aufstellzwecken verwenden zu können. Daher sind auch Aufstellgleise möglichst an den Ablaufpunkt anzuschließen.

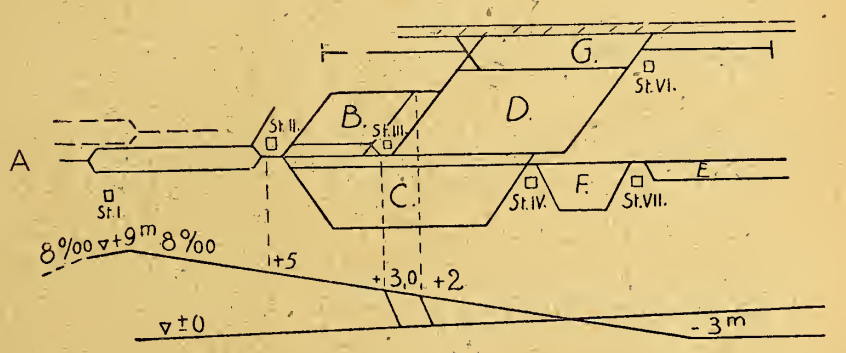
Daraus ergibt sich, daß Richtungsgleise, Ausfahrgleise, Puffergleise und Aufstellgleise zweckmäßig nebeneinander liegen und an den Ablaufpunkt angeschlossen sind. In vielen Fällen wird sich als zweckmäßig erweisen, auch die Überholungsgleise neben diesen Gruppen anzuordnen, denn das An- und Absetzen von Wagen aus einer Gruppe in eine andere ist für nebeneinanderliegende Gleisgruppen am einfachsten.

Die offensichtlichsten Vorteile dieser Gruppierung sind Wegfall der Überführungsfahrten, Ersparnis von Gleisen, da die einzelnen Gruppen wegen ihrer gegenseitigen Aushilfsmöglichkeit schwächer gehalten werden können. Ferner verdient noch besonders hervorgehoben zu werden, daß leere Gleise aller Gruppen dem Ablaufgeschäft zur Verfügung stehen und dadurch, daß sie vorübergehend z. B. zur Aufnahme von Gruppen dienen können, für die besondere Ablaufgleise nicht vorgesehen sind, vorübergehend das Rangiergeschäft erleichtern können.

Beispiel einer Musteranordnung.

Wie eine derartige Ablaufanlage im einzelnen betriebssicher, leistungsfähig und wirtschaftlich durchzubilden ist, wurde in Kapitel I bis V genauer dargelegt. Im besonderen sei auf die Ausführungen über Zwischenhemmung, Seite 48, und über Hilfsmittel der Betriebsführung, Seite 75, hingewiesen. Eine nach diesen Gesichtspunkten aufgestellte Anordnung (Fig. 32), die zugleich dem Einwand begegnen soll, daß bei dieser Zu-

Figur 32.



sammenlegung der Gruppen die Betriebshandlungen an den Gruppen sich gegenseitig behindern, diene als Beispiel:

Sämtliche Züge, die im Bahnhof enden, laufen in die Einfahrgleisgruppe A ein, die im wesentlichen durchlaufenden Züge, die nur zum An- und Abstellen von Gruppen oder aus betrieblichen Gründen halten, in die Überholungsgleise G. Die Hauptzerlegung erfolgt in die 3 Hauptgruppen:

D: Züge, die im wesentlichen bunt weiterlaufen (Fernzüge),

B: Züge, die nach wenigen großen Gruppen zu ordnen sind (Durchgangszüge),

C: Züge, die nach kleinen Gruppen zu ordnen sind (Ortszüge).

Die Gruppe D enthält außer den Richtungsgleisen noch Aufstellgleise und Ausfahrgleise und ist mit den Überholungsgleisen durch eine Weichenstraße verbunden.

Die Gruppe B enthält etwa so viele Gleise von etwa 250 m nutzbarer Länge, als große Gruppen zu bilden sind.

An die Gruppe C schließen sich die Gruppe F zum Unterordnen der Ortsgüterzüge, und daran die Ausfahrgleise E für Ortsgüterzüge an. Die

Gruppen A, B, C, F liegen in Gefälle, die Gruppen G, D, E in der Horizontalen.

Die Betriebsweise ist folgende:

In A einlaufende Züge werden möglichst bald zum Ablauf gebracht, die nach D laufenden Wagen mit Zwischenhemmung, notwendigenfalls unter Ausnützung des Ausgleichspuffers (Seite 49). In den Gruppen B, C und D bleiben die Wagen bis kurz vor ihrer Abfahrt. Die Zusammenstellung eines Durchgangszugs erfolgt durch Ablauf der ihn bildenden Hauptwagengruppen aus Gruppe B in der gehörigen Reihenfolge in ein Gleis der Gruppe D oder G. Hier wird der Zug fertig gemacht und fährt unmittelbar aus. Der zu ordnende Ortsgüterzug steht in Gruppe C je nach der Zahl der zu bildenden Untergruppen in einem oder in 2 Gleisen. Er läuft mit Schwerkraft in Gruppe F ab und wird von dort ebenfalls mit Schwerkraft in der Gruppe E zusammengestellt.

Die in die Gruppe G einfahrenden Züge werden von Ausziehgleisen aus behandelt. Da die zweimalige Behandlung der Ortsgüterzüge eine größere Gefällhöhe erfordert als die zweimalige Behandlung der in Gruppen ablaufenden Durchgangszüge oder der einmalige stufenweise Ablauf der Ferngüterzüge, empfiehlt sich zur Ersparung an Betriebs- und Baukosten die Ausfahrgleise der Ortsgüterzüge um den Gefällhöhenunterschied tiefer zu legen. (Siehe Höhenprofil der Figur 32.)

Bei doppelseitigen Anlagen empfiehlt sich, die Einfahrgleise der entgegengesetzt gerichteten Anlagen in der in Figur 32 punktierten Weise anzuordnen. Die hochliegenden Einfahrgleise ermöglichen dabei einen Querverkehr unter den Einfahrgleisen durch, der eine günstige Anordnung der Lokomotivanlagen ermöglicht.

Als Vorteil der besprochenen Anordnung soll zusammenfassend hervorgehoben werden:

Die Grundanordnungen werden sämtlich den in Kapitel IV und V entwickelten Forderungen gerecht;

Die Gruppierung der Gleisgruppen gewährleistet die geringste Zeitbelastung.

Im besonderen

keine verlorenen Gefallhöhen, geringe Erdarbeiten, deren Kosten infolge des Ausgleichs noch verringert werden.

Hohe Leistungsfähigkeit, unter anderem infolge leistungsfähiger Ablaufanlagen (Zwischenhemmung), geringer Verlustzeiten.

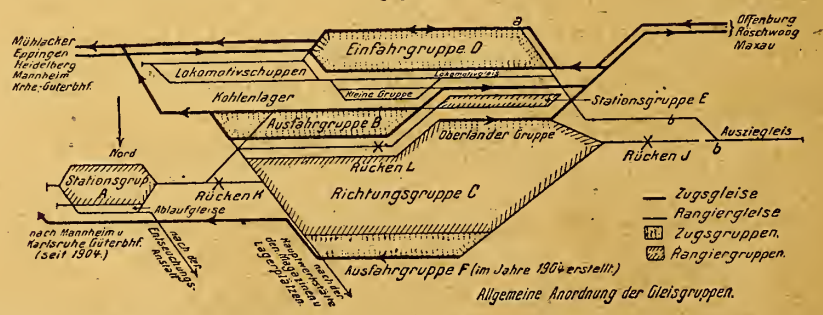
Wegfall der Überführungsfahrten.

Ersparung an Gleis, Lokomotiven und Personal.

Kostenvergleich der Musteranordnung mit dem Rangierbahnhof Karlsruhe

Um ein Bild der Betriebsersparnisse zu geben, sollen überschläglich die unterschiedlichen Betriebskosten der Rangieranlagen eines anerkannt guten Verschiebebahnhofs — Karlsruhe siehe Figur 33 —*) und des vor-

Fig. 33



liegenden Beispiels aufgestellt werden, beschränkt auf Personal, Lokomotiven und Bremsmittel, und zwar soll die vorgeschlagene Anordnung einmal ohne Gleisbremsen und das anderemal mit Gleisbremsen betrieben werden. In Tabelle 19, Anlage 19, ist der unterschiedliche Bedarf an Personal, Lokomotiven und Bremsmitteln zusammengestellt. Tabelle 20 gibt die Betriebskostenersparnisse an.

*) Aus der Abhandlung von Sammet: Über die bauliche Anlage, den Betrieb, die Leistungsfähigkeit und die Betriebskosten des Rangierbahnhofs Karlsruhe.

Tabelle 20.

Zusammenstellung
der jährlichen Ersparnisse an Betriebskosten
aus Tabelle 19 in Mark.

In Vergleich gestellte Anordnungen	1914	1920
I—II	322 000	2 971 000
I—III	453 000	3 771 000
II—III	131 000	800 000

Bei der Bemessung der Gleise und des Bedarfs an Personal und Gleisbremsen sind die Betriebsverhältnisse des Bahnhofs Karlsruhe zu Grunde gelegt, wie sie in Anlage I der Sammet'schen Schrift festgelegt sind. Im besonderen wurde in Gruppe B die Bildung von 14 größeren bunten Gruppen vorgesehen. Durch den Wegfall der Überführungsgleise kann in der Musteranordnung die Zahl der Stellwerksbezirke auf 7 ermäßigt werden, gegen 13 im Rangierbahnhof Karlsruhe. Dadurch sind an Bedienungspersonal für Stellwerke 18 Mann erspart. Trotz des an und für sich höheren Personalbedarfs von fallenden Sammelgleisen ergibt sich infolge der einfacheren Betriebsführung für Anordnung II eine weitere Personalersparnis von 18 Mann = 13% der in die Vergleichsrechnung einbezogenen Betriebsarbeiter gegenüber Anordnung I. Die augenfälligste Ersparnis liegt in den Lokomotiven, von denen beim Vergleich des Falles II gegen III 7 Stück oder 87% gegenüber Fall I erspart werden.

Tabelle 20 gibt die Betriebskostenersparnis an. Zur Beurteilung dieser Zahlen muß ergänzend bemerkt werden: Die Ersparnisse der Anordnungen II/III gegen I erhöhen sich um die Ersparnisse an Gleisen, die sowohl durch den Wegfall an Überführungsgleisen als durch die Verkürzung der Rangier- und Verlustzeiten bedingt ist, ferner an Beleuchtung, Unterhaltung und Bauplatz. Sie vermindern sich um die laufenden Kosten für die Hebung der zu behandelnden Züge und die Anlagekosten für die Erdbewegung. Beide Kosten können allgemein nicht angegeben werden, denn es wird von der Geschicklichkeit des entwerfenden Ingenieurs in hohem Maße abhängen, durch geschickte Wahl der Geländehöhe des Bahnhofs zur Höhe der einmündenden Strecken die besonderen Hebekosten möglichst zu vermeiden. Zum mindesten kann aber die Annahme gemacht werden, daß die zur schienenfreien Einführung der Züge erforderliche Hebung um etwa 6 m als Gefällhöhe für das Rangiergeschäft nutzbar gemacht werden kann. Bei der Beurteilung der Erdbewegung ist zu berücksichtigen, daß hierbei in einem gewissen Grade ein Massenausgleich möglich ist und infolge der geringen Zahl der Einfahrgleise größeren Auftraghöhen kleinere Breiten entsprechen.

Die in Tabelle 20 zusammgestellten Ersparnisse gründen sich auf die Annahme, daß die Betriebsverhältnisse für alle 3 Anordnungen gleich seien. Nimmt man an, daß alle 3 Anordnungen bis zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit ausgenutzt werden sollen, so ergeben sich durch die verschieden große Leistungsfähigkeit für die Anordnungen II/III der Anordnung I gegenüber weitere erhebliche Ersparnisse.

Die Leistungsfähigkeit der Anlage I dürfte, nach den Angaben von Sammet zu schließen, höchstens auf 4000 Wagen pro Tag zu bringen sein. Die Leistungsfähigteit der Anlage II und III hängt, eine genügende Zahl von Gleisen in den Hauptgleisgruppen vorausgesetzt, in erster Linie von der Leistungsfähigkeit der Haupt- und Nebenablaufanlage ab. Setzt man die Höchstleistung der Hauptablaufanlage von Bahnhöfen mit durchgehendem Gefälle mit 6000 Wagen pro Tag an, so muß die Höchstleistung der Hauptablaufanlage der Anordnung II in Anbetracht ihrer Steilrampe und der durch Ausscheiden der Richtungsgruppe C bedingten Verkürzung der Weichenzone bei zweckmäßiger technischer Durchbildung mit 7000 Wagen pro Tag und diejenige der Anordnung III mit 9000 Wagen pro Tag angegeben werden. Die Höchstleistungen der Nebenablaufanlage hängen in erster Linie von der zum Sammeln des in der Gruppe F zerlegten Zuges aufzuwendenden Zeit ab. Gemäß Seite 56 sind hierzu für jede Zuggruppe 1'

zu rechnen. Da die Zerlegung des folgenden Zuges schon beginnen kann, wenn einige Stationsgleise leer gelaufen sind, so kann als Höchstleistung 5 Züge pro Stunde oder etwa 4000 Wagen pro Tag angesetzt werden. Eine Erhöhung der Leistungen der Nebenablaufanlage ist ohne weiteres durch Verdoppelung der Gruppe F zu erreichen.

Will man sich aus diesen Ausführungen einen Begriff bilden über die Bedeutung, die eine fortschrittliche Ausbildung von Rangieranlagen in etwa für die Betriebskosten der preußisch-hessischen Eisenbahnen hat, so muß man sich zunächst vergegenwärtigen, daß die Rangieranlagen des Rangierbahnhofs Karlsruhe nach dem jetzigen Stande der Technik als gute Anlagen gelten müssen, daß aber die Mehrzahl vor allem der kleinen Rangieranlagen erheblich unwirtschaftlicher arbeitet. Setzt man somit für den Umbau von Rangieranlagen nach den vorstehend entwickelten Vorschlägen die für den Rangierbahnhof Karlsruhe errechneten Ersparnisse an, so werden die tatsächlich an Personal und technischen Hilfsmitteln zu erzielenden Ersparnisse größer sein.

Schätzungsweise haben die preußisch-hessischen Bahnen 100 Rangierbahnhöfe mit einer Tagesleistung von 1500 Wagen und mehr und 100 von Tagesleistungen von im mittel 750 Wagen; das sind bei 300 Arbeitstagen etwa 77 Millionen Rangierungen jährlich auf großen bis mittleren Rangierbahnhöfen. Zu etwa derselben Zahl kommt man, wenn man auf 100 Güterwagenkilometer eine Rangierung auf einen Verschiebebahnhof rechnet, eine Annahme, die entschieden ungünstig ist, wenn man berücksichtigt, daß fast die Hälfte aller Wagenladungen Transportlängen unter 50 km haben.

Am Maßstabe der Tabelle 20 gemessen, würde ein Umbau dieser Bahnhöfe eine jährliche Ersparnis allein an Personal und Lokomotiven von gering gerechnet $^1/_4$ Milliarde für die preußischen Staatsbahnen bringen; über 500 Lokomotiven würden weniger gebraucht mit einem jährlichen Verbrauch von 300000 t Kohlen und 300 t Schmiermaterial. Diese Zahlen werden sich in Wirklichkeit günstiger stellen; denn man wird durch Schaffung leistungsfähiger Verschubbahnhöfe und Auslastung derselben vor allem die unwirtschaftlichen Rangierungen auf kleinen, für diese Arbeiten mangelhaft ausgerüsteten Bahnhöfen beseitigen.

Diesen Ersparnissen ständen als zahlenmäßig allgemein nicht angebbare einmalige Ausgaben im wesentlichen Erdarbeiten und Gleisumlegearbeiten gegenüber. Diesen Ausgaben stehen aber erhebliche weitere Vorteile gegenüber, die in sehr vielen Fällen allein den Bahnhofsumbau rechtfertigen dürften: vor allem die Beschleunigung des Wagenumlaufs und die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Verschiebebahnhöfe mit ihrer Rückwirkung auf die Sicherheit des gesamten Eisenbahnbetriebs auch in Zeiten starken Verkehrs. Jedenfalls zeigen die Ausführungen dieses Kapitels, daß Rangierbahnhöfe umso billiger arbeiten, je leistungsfähiger sie sind. Daraus ergibt sich für die Betriebsführung der wichtige Schluß, daß es im wirtschaftlichen Interesse liegt, Rangierungen nicht zur Entlastung großer Bahnhöfe auf viele kleine zu verteilen, sondern in große leistungsfähig ausgebaute Bahnhöfe zusammenzufassen.

Kapitel VIII.

Die Betriebsführung auf den Verschiebebahnhöfen und den angrenzenden Strecken und ihre technischen Vorbedingungen.

Die Betriebsführung auf dem Verschiebebahnhof.

Die zweckmäßige Ausbildung des technischen Apparates: des Höhen- und Lageplanes und der Bewegung erzeugenden und hemmenden technischen Hilfsmittel kommt letzten Endes auch der Betriebsführung auf dem Rangierbahnhof zu statten; im besonderen der Wegfall der Überführungsfahrten und die weitgehende Unabhängigkeit der Betriebshandlungen von einander. Bei Einführung der ferngesteuerten Bremsen kommt der Betriebsführung weiterhin die Zusammenfassung der betrieblichen Handhabungen zu gute, die sich in bestimmten Formen abspielen und in den Händen weniger Männer liegen, die vor Wind und Wetter geschützt in engster Verbindung miteinander stehen. Nicht unerwähnt soll in diesem Zusammenhang bleiben, daß von der Verringerung des zwischen den Gleisen innerhalb des Bahnhofs sich aufhaltenden Personals eine Verringerung der Diebstähle erwartet werden kann. Auch die Unfälle, die bekanntlich gerade bei Ablaufanlagen zahlreich sind, dürften sich verringern, selbst wenn man die Gleisentfernungen aus Ersparnisgründen enger nimmt als üblich.

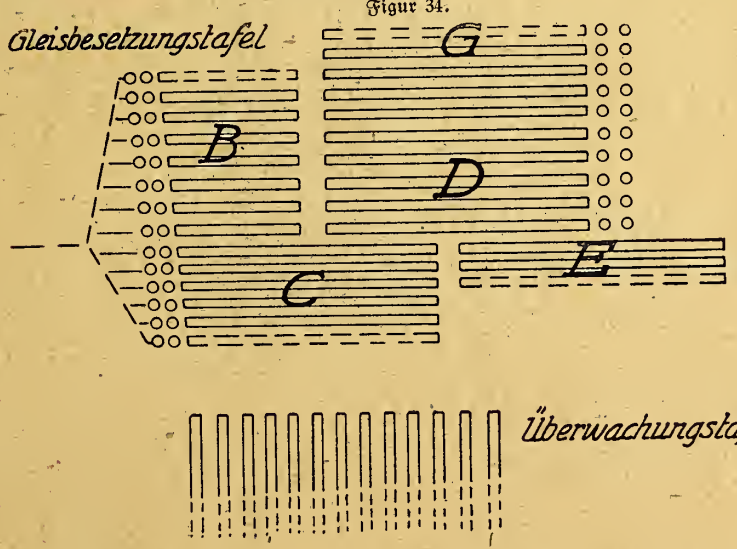
Wie sich unter Ausnützung dieser technischen Vorteile eine straffe Betriebsführung durchführen läßt, sei an der in Figur 32 dargestellten Musteranlage erläutert.

Die Musterbetriebsführung baut sich auf den Grundsatz auf, den Rangierverkehr vom Durchgangsverkehr möglichst unabhängig zu machen.

Die Betriebsleitung einschließlich der Verfügung über die Lokomotiven liegt im Stellwerk II (siehe Fig. 32), das mit den sämtlichen übrigen Stellwerken telephonisch und mit den Stellwerken IV und VII durch Rohrpost verbunden ist.

Ausgehend von dem Gedanken, daß der gesamte Rangierverkehr über den Hauptablaufpunkt geht, ist als wichtiges Mittel der Betriebsführung am Ablaufpunkt eine Gleisbesetzungstafel vorgesehen. Je nach Bedarf wird mit dieser Gleisbesetzungstafel eine weitere Tafel verbunden, die Aufschluß z. B. über die im Verschiebebahnhof befindlichen oder innerhalb einer gewissen Zeit durchlaufenden Wagen bestimmter Herkunft, bestimmter Ziele oder irgend welcher anderer Merkmale gibt, und von der noch im weiteren (Seite 79) die Rede sein wird.

Figur 34.

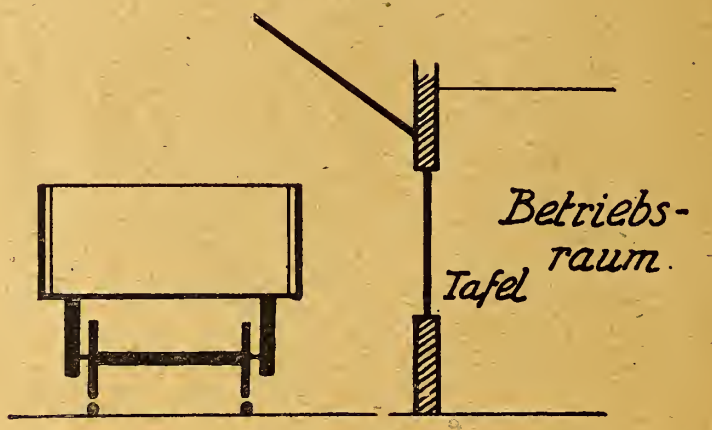


Die Gleisbesetzungstafel ist im wesentlichen ein Brett, mit horizontalen rechteckigen Löchern, die, wie in Figur 34 dargestellt, entsprechend der

Gruppierung der Gruppengleise angeordnet sind, und deren Längen den nutzbaren Längen dieser Gruppengleise entsprechen, ferner mit je 2 runden Löchern zur Aufnahme der Frachtbriefe, bezw. der Rohrpostpatronen. Die Träger der Markierung sind Stöpsel, die, falls nur die Gleisbesetzungstafel vorhanden ist, im Ruhestand bunt in einem Kasten zusammen liegen und einander gleich sind. Die Stöpsel sind im wesentlichen Stäbchen mit rechteckigem Querschnitt, deren Höhe gleich der Breite der Langlöcher der Tafel ist. Ihre Breite steht zur Länge eines Wagens in demselben Verhältnis, wie die Länge des Langlochs zur nutzbaren Länge des dazu gehörenden Gleises.

Die Tafel ist, wie Figur 35 darstellt, in die vordere Wand des Betriebsraumes eingebaut. Die Bedienung erfolgt durch den Rangierleiter

Figur 35.



oder dessen Hilfskraft in der Weise, daß gleichzeitig mit der Bedienung des Gleismelders nach — unter Umständen vorheriger — Übernahme des Zuges und Prüfung der Frachtbriefe für jeden ablaufenden Wagen ein Stöpsel gesteckt wird, und der zugehörige Frachtbrief oder der entsprechende Frachtbriefersatz in das zugehörige Rundloch eingelegt wird. Es ist Vorkehrung getroffen, daß besondere Merkmale wie Bremswagen an den Stöpseln ersichtlich gemacht werden. Die Stöpsel wie auch die Frachtbriefe erscheinen mit ihren anderen Enden im Betriebsraum und geben dort dem Betriebsleiter den Überblick über die im Bahnhof befindlichen Wagen. Als weiteres Hilfsmittel, dem Betriebsleiter den Überblick über den Verkehr zu erleichtern, dient die Überwachungstafel Figur 34.

In das Brett der Gleisbesetzungstafel werden etwa unter dieser senkrechte Langlöcher eingeschnitten, die im Ruhezustand mit für jedes Langloch besonders gekennzeichneten Stöpseln gefüllt sind und die für diese Stöpsel den Zweck haben, den für die übrigen Stöpsel der Kasten erfüllt. Je nach den Fragen, die auftauchen, erhält eine solche senkrechte Reihe ihre Bedeutung. Kommt z. B. in Frage — unter Umständen unter Zuhilfenahme der Bestände von Nachbarbahnhöfen — einen direkten außerplanmäßigen Fernzug nach x und Übergang zu bilden, so erhält der Bedienungsmann der Tafeln — unter Umständen auch auf den benachbarten Rangierbahnhöfen — den Auftrag, eventuell für bestimmte Beobachtungszeiten die Stöpsel für Wagen nach x und Übergang einem bestimmten senkrechten Langloch zu entnehmen. Die Zahl der fehlenden Stöpsel dieses Langlochs entspricht der Zahl der im Bahnhof befindlichen Wagen der beobachteten Art, da die Stöpsel nach Abfahrt der Wagen sofort wieder in dem betreffenden Langloch erscheinen. Wo innerhalb des Bahnhofs die einzelnen Wagen stehen, ist aus der Gleisbesetzungstafel ersichtlich, da die aus den Langlöchern entnommenen Stöpsel die ihrem Langloch entsprechende Kennzeichnung haben.

Die Gleisbesetzungstafel in Verbindung mit der Überwachungstafel gibt somit dem Verkehrsleiter — oder den Verkehrsleitern — die Möglichkeit, die Stärke des Verkehrs x und Übergang zu beurteilen, eventuell außerplanmäßige Züge zu vereinbaren und selbst oder zusammen mit benachbarten Rangierbahnhöfen nach den jeweils aufkommenden Frachten außerfahrplanmäßige Züge oder geschlossene Ferngruppen fahren zu lassen.

Von dort aus erfolgt nunmehr die weitere Verfügung über die Wagen, als deren Träger nun nicht mehr die Stöpsel, sondern die Frachtbriefe zu gelten haben, während die Stöpsel weiterhin als Überwachungs- und Orientierungsmittel dienen. Soll z. B. ein in Gruppe C (Figur 32) stehender Zug geordnet und mit einigen in einem Gleis der Gruppe D oder G stehenden Wagen zur Ausfahrt vorbereitet werden, so erhält Stellwerk IV (z. B. mit Rohrpost) die Frachtbriefe mit einer formularmäßigen Verfügung als Umschlag und ist alsdann mit der Erledigung dieses Auftrages belastet. Die Lokomotiv- und Personalgestellung wird vom Betriebsraum aus geregelt. Die Räumung des Gleises der Gruppe C wird durch Rücksendung der Patrone mit einem Abriß des Umschlags der Betriebsleitung mitgeteilt, die darauf die entsprechenden Stöpsel in irgend ein, den Ausfahrgleisen entsprechendes Langloch weiterschiebt, von wo sie nach erfolgter Abmeldung des abgefahrenen Zuges in den Sammelkasten zurückwandern. Sollen an durchgehenden Zügen keinerlei Rangierhandlungen vorgenommen werden, die ihren Bestand verändern, so erfolgt ihre Behandlung im wesentlichen im Stellwerk V oder VI. Bei Aus- oder Einsetzen von Wagen durchgehender Züge kann in Frage kommen, die Frachtbriefe der Betriebsleitung zuzuleiten, die alsdann die weiteren Verfügungen trifft.

Ausbau der Betriebsführung auf Verschiebebahnhöfen zur Betriebsleitung auf den anschließenden Strecken.

Diese und die weiter noch zu entwickelnden Maßnahmen dürften geeignet sein, aus der Betriebsführung auf den Verschiebebahnhöfen für die Gesamtbetriebsleitung denjenigen Nutzen zu ziehen, der nach der großen Bedeutung der Verschiebebahnhöfe für den Gesamtbetrieb der Eisenbahn daraus gezogen werden muß.

Begründung einer größeren Selbständigkeit der Güterzugbetriebsleitung.

Die wichtigsten Berührungen zwischen Güterzerzug- und Personenzugbetrieb ergeben sich aus der Benutzung derselben Streckengleise, aus der Lokomotiv- und teilweise aus der Personalgestellung.

Im übrigen sind die beiden Betriebe gründlich von einander verschieden. Der Personenzugverkehr ist im wesentlichen ein starrer Verkehr; der Personenzugfahrplan liegt auf die Dauer der Fahrplanperiode fest, und die Aufgabe des Betriebes erstreckt sich im wesentlichen auf die Überwachung der Pünktlichkeit und die Verfolgung von Unregelmäßigkeiten. Naturgemäß muß sich diese Überwachung möglichst auf lange Betriebsstrecken ausdehnen und drängt dadurch zur Zusammenfassung.

Der Güterverkehr hingegen ist bedeutenden Schwankungen unterworfen, denen ein starrer Güterzugfahrplan nicht immer gerecht werden kann. Es ist daher Aufgabe der örtlichen Betriebsleitungen, durch Einlegung von Bedarfszügen den Schwankungen im Güterverkehr Rechnung zu tragen. Sie allein sind in der Lage, den jeweils auftretenden Beförderungsbedürfnissen augenblicklich Genüge zu tun, da die Schwankungen vielfach plötzlich und unberechenbar auftreten. Für den Güterzugbetrieb sind daher die örtlichen Betriebsleitungen in erster Linie berufen, Schwerpunkte der Betriebsleitung zu sein, unbeschadet einer Überwachung der Pünktlichkeit der Züge und einer Zusammenfassung in Dingen, die über den Kreis der örtlichen Betriebsführungen hinausgehen durch Direktionen oder noch umfassendere Betriebsstellen.

Auch die technischen Bedürfnisse des Güter- und Personenbetriebs sind grundverschieden und äußern sich vor allem in dem Ausbau der Bahnhöfe. Personenzüge bleiben im wesentlichen abgeschlossene, durch den Zugbildungsplan genau festgelegte Einheiten, Güterzüge müssen fast stets neu gebildet werden und erfordern zu diesen Rangiermaßnahmen ganz besondere Bahnhofsanlagen.

In den Bahnhöfen trennt sich somit durch die natürlichen technischen Bedingungen der Personenzugbetrieb vom Güterzugbetrieb und es liegt nahe, den grundsätzlichen und technischen Verschiedenheiten der beiden Betriebe durch stärkere Scheidung der Betriebsführung Rechnung zu tragen. Die Tatsache der gemeinsamen Streckenbenutzung braucht grundsätzlich nicht davon abzuschrecken, da die Betriebsführung der Strecke ihre eigenen Gesetze hat, die sie stets als Verkehrsweg stempeln, als der sie vor allem zu Beginn des Eisenbahnwesens auch in erster Linie angesehen wurde.

Zusammenfassung des Verkehrs in leistungsfähigen Verschiebebahnhöfen.

Die erste praktische Folgerung aus der Forderung größerer Selbständigkeit des Güterverkehrs zum Zwecke einer wirtschaftlichen Betriebsführung ist die Anpassung des technischen Apparates an die besonderen Anforderungen des Güterzugbetriebs.

Das Herz des Güterzugbetriebs sind in viel höherem Maße, als das beim Personenzugbetrieb der Fall ist, die Bahnhöfe.

Während die Strecken als etwas historisch Gewordenes, Festliegendes und, soweit noch ein bescheidener Ausbau zu erwarten ist, dieser von zahlreichen anderen Gesichtspunkten beeinflußt wird, ist die Entwickelung des Güterbahnhofsnetzes nicht in gleichem Maße als abgeschlossen zu betrachten und jedenfalls in höherem Maße innere Angelegenheit der Eisenbahn selbst.

Mögen auch die einen oder anderen Strecken nach ihrer technischen Anlage oder ihrer Linienführung für den Güterzugbetrieb unwirtschaftlich sein, so sind darin unabänderliche Unwirtschaftlichkeiten zu sehen, die durch eine geschickte Leitung des Verkehrs möglichst herabgemindert werden müssen. Die Verschiebungen des Verkehrs, die Veränderung seiner Stärke und seiner mutmaßlichen Weiterentwickelung lassen ohnehin den Zeitpunkt als gekommen erscheinen, das überkommene Leitungs- und Beförderungssystem einer grundlegenden Durcharbeitung zu unterziehen. Vielleicht ergeben sich daraus auch für die Benutzung von Strecken, z. B. als reine Güterzugtransportstrecken, wichtige Folgerungen.

Das Hauptgewicht dieser Arbeiten liegt jedenfalls in der Schaffung eines wirtschaftlichen Systems der Güterzugum- und Neubildung, zunächst durch zweckmäßige Verkehrsleitung, und in der Zusammenfassung der Hauptrangierarbeiten in wenigen systematisch verteilten leistungsfähigen Verschiebebahnhöfen und in der Ausschaltung der unwirtschaftlichen kleinen Rangierbahnhöfe. Das ist, wie die Ausführungen vor allem in Kapitel VII beweisen, eine wirtschaftliche Forderung allerersten Ranges. Es ist nicht zuviel gesagt, daß die Rangierung eines Wagens auf einem gut ausgelasteten Verschiebebahnhof der vorgeschlagenen Bauart nicht $^1/_4$ von den laufenden Kosten auf einem kleinen Verschiebebahnhof verursacht. Dadurch werden Gleisanlagen kleinerer Bahnhöfe für andere Zwecke verfügbar.

Die Ansicht, die Leistungsfähigkeit der Verschiebebahnhöfe im wesentlichen nach dem durchschnittlichen Tagessoll zu bemessen, ist nach den Ausführungen der vorangezogenen Kapitel nicht richtig und jedenfalls durch die Erkenntnis gegenstandlos, daß leistungsfähige Bahnhöfe auch bei geringem Wagenanfall billiger arbeiten als technisch weniger vollkommene und infolgedessen weniger leistungsfähige Bahnhöfe. Nicht die Strecken sollten den Rückstau überlasteter Verschiebebahnhöfe aufnehmen, sondern die Verschiebebahnhöfe den Rückstau überlasteter Strecken, schon aus dem Grunde, weil der leistungsfähigere Ausbau der Verschiebebahnhöfe ungleich weniger kostspielig ist wie derjenige der Strecken, um so mehr, als dieser technische Ausbau der Verschiebebahnhöfe rückwirkend die Betriebsleistungen erhöht, und eine wichtige technische Vorbedingung für den Ausbau einer wirtschaftlichen Betriebsführung ist.

Elastische Anpassung der Zugförderung an den wechselnden Verkehr.

Wie in Kapitel VII näher ausgeführt, sind bei der dort besprochenen Bauform sämtliche Gleise des Verschiebebahnhofs, mit Ausnahme der Einfahrgleise, als Aufnahmegleise für die von der Strecke zugeführten und in anderer Gruppierung der Strecke wieder zuzuführenden Güterwagen anzusehen. Die Rangiertechnik ist dabei in der Richtung durchgebildet, daß im allgemeinen die Zusammensetzung und Fertigstellung der neuen Züge erst kurz vor ihrer Abfahrt zu erfolgen braucht. Dadurch ist die technische Vorbedingung geschaffen, die Zusammensetzung des neu zu bildenden Zuges dem jeweils vorliegenden Beförderungsbedürfnis anzupassen. Dieses Beförderungsbedürfnis hängt zunächst ab von Anzahl und Art der im Bahnhof befindlichen Wagen, über welche die Gleisbesetzungs- und Überwachungstafel (Figur 34) dem Betriebsleiter genaueste Auskünfte gibt, im weiteren aber auch von dem Bestand der anliegenden Güterbahnhöfe und endlich von den Betriebsverhältnissen der Strecken. Dem Beförderungsbedürfsnis steht die Beförderungsmöglichkeit gegenüber, die in erster Linie abhängig ist von der Lokomotiv- und Personalgestellung. Die Urteilsbildung über diese Verkehrs- und Betriebsfaktoren ist dem Betriebsleiter durch ein gut durchgebildetes Verständigungssystem zu ermöglichen, als deren technische Vorbedingung ein gut ausgebautes Telephonnetz zu gelten hat.

Der überwiegende Einfluß der Direktionen hat bei dem Ausbau des Eisenbahntelephonnetzes die Sprechbedürfnisse der Direktionen stark in den

Vordergrund gerückt. Ein zielbewußter Ausbau des Sprechnetzes für die Bedürfnisse der örtlichen Betriebsleitungen ist daher notwendig. Ein zweckmäßiges Telephonnetz müßte vor allem direkte Sprechverbindungen der örtlichen Betriebsleitungsstellen untereinander und mit den Betriebsstellen der ihnen unterstellten Strecken haben, ferner der Direktionen untereinander und mit ihren örtlichen Betriebsleitungsstellen. In diesem Sprechnetz würden somit die Direktionen und die örtlichen Betriebsleitungen in erster Linie Schaltstellen sein.

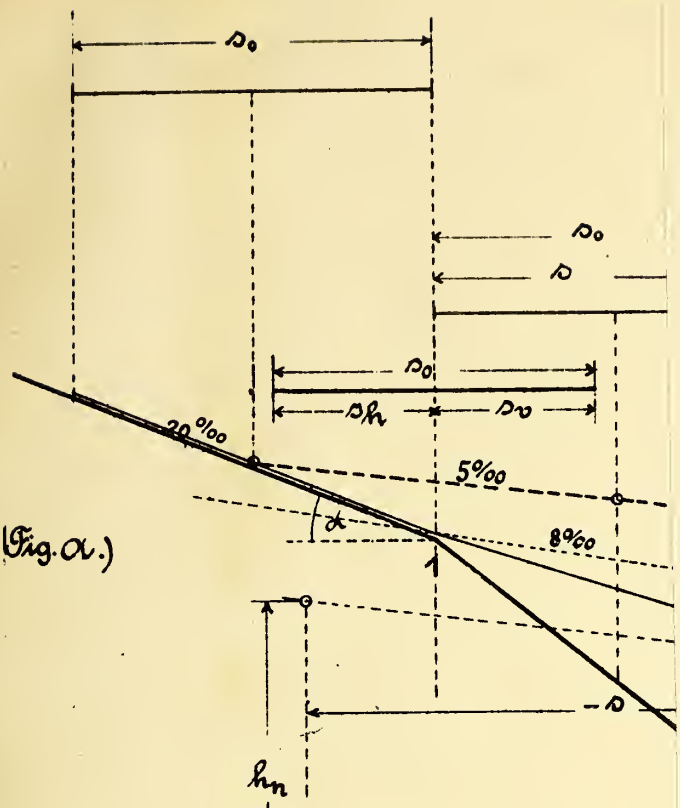
In Zeiten ruhiger Verkehrsentwicklung könnten technische Verbesserungsvorschläge vorbeschriebener Art dem Einwand begegnen, daß sie unnötig seien. In den unter dem Zeichen des schwankenden Verkehrs stehenden Nachkriegszeiten treten neue Anforderungen an das deutsche Eisenbahnwesen heran, denen die bestehende Technik und die darauf aufgebaute bestehende Betriebsform nicht genügen wird: die stärkere Betonung der Wirtschaftlichkeit und der Verkehrsrückgang. Sie werden entsprechend dem Ausbau des Verkehrsnetzes bei steigendem Verkehr zum Abbau zwingen und man wird die Form zu finden haben, die Verkehrsströme zwecks Auslastung der wichtigsten Verkehrsadern zusammen zu fassen, um die entlasteten Strecken und Anlagen entweder ganz still zu legen oder so zu betreiben, daß nennenswerte Ersparnisse erzielt werden*).

Diese Aufgaben zwingen zu einer größeren Selbständigkeit der örtlichen Betriebleitenden Stellen und zu einer Weiterentwicklung des schon jetzt gehandhabten Verfahrens, nur einen Teil des Verkehrs durch feste Züge zu bewältigen und den Rest jeweils mit Bedarfszüge zu fahren. Nach Ansicht des Verfassers müßten die starren Fahrpläne auf wenige bestimmte Beziehungen beschränkt werden und der übrige Güterverkehr in Fahrplan und Beförderungsvorschriften mehr in die Hand der örtlichen Betriebsleitungen gelegt werden, als es bisher geschah. Die Vorbedingungen für diese Form sind Hilfsmittel, etwa wie die angeregten. Gelingt es dann für diese wichtigen Betriebsstellen tüchtiges Personal zu gewinnen, so dürfte von dieser Betriebsweise gerade in der Zeit des Verkehrsrückgangs besonders wirtschaftliches Arbeiten und jedenfalls reibungslosere Umstellung auf gegebene oder notwendig werdende Verkehrsänderungen zu erwarten sein, als beim starren System.

Mitwirkung der Verkehrstreibenden.

Derartig technisch und betrieblich ausgerüstete Betriebsleitungen, unter denen in erster Linie solche am Sitz großer Verschiebebahnhöfe zu verstehen sind, wären berufen, die Zusammenarbeit der Eisenbahn mit den Verkehrstreibenden zum Zwecke gegenseitiger Unterstützung zu fördern. Als Wagenverteilstellen der anliegenden Strecken wären sie in Verbindung mit der Überwachung der Wagenbewegungen innerhalb ihres engeren Verkehrsbezirks, wie auch zum mindesten der anliegenden Verkehrsbezirke in der Lage, ausgleichend zwischen Transportmöglichkeit und Transportbedürfnis zu vermitteln, durch die Güterabfertigungen als örtliche Vermittlungsstellen mit den Verkehrstreibenden die Auflieferung bezw. Bestellung von Gütern zu bestimmten Zeiten zu vereinbaren zwecks Gewinnung von Rückfrachten, Gruppenauflieferungen, Umgehung des Saisonverkehrs u. a. m. Die Mitwirkung der Verkehrstreibenden könnte durch Abfertigungsprämien angeregt werden, die ihren Gewinnanteil an Ersparnissen der Eisenbahn darstellen. Das Zusammenarbeiten würde weiterhin dadurch begünstigt, daß die Verkehrstreibenden sich zu Be- und Entladegenossenschaften zusammenschlössen und als solche die zur Erleichterung und Beschleunigung des Abfertigungsgeschäfts notwendigen Einrichtungen schüfen. Eine der wirtschaftlichen Grundlagen derartiger Genossenschaften, die für die Eisenbahn von großem Interesse sein würden, könnten derartige Abfertigungsprämien werden.

*) Siehe auch: Reichseisenbahn, produktive Notstandsarbeiten und die Organisierung des wirtschaftlichen Wiederaufbaus. Dr.-Ing. Frölich.



(Fig. a.)

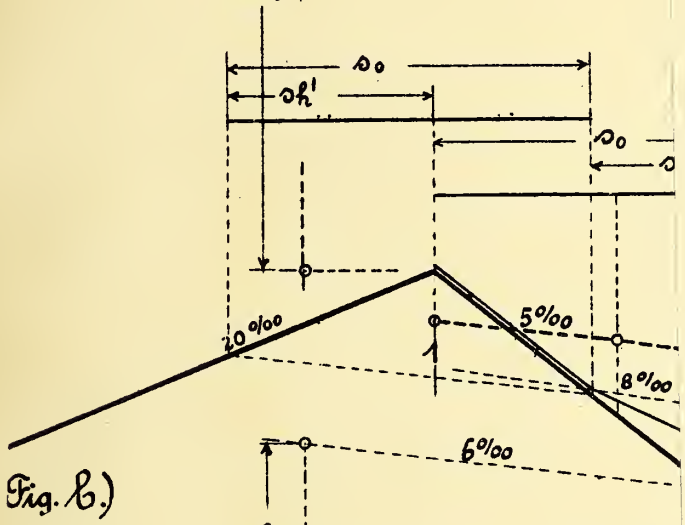


Fig. b.)

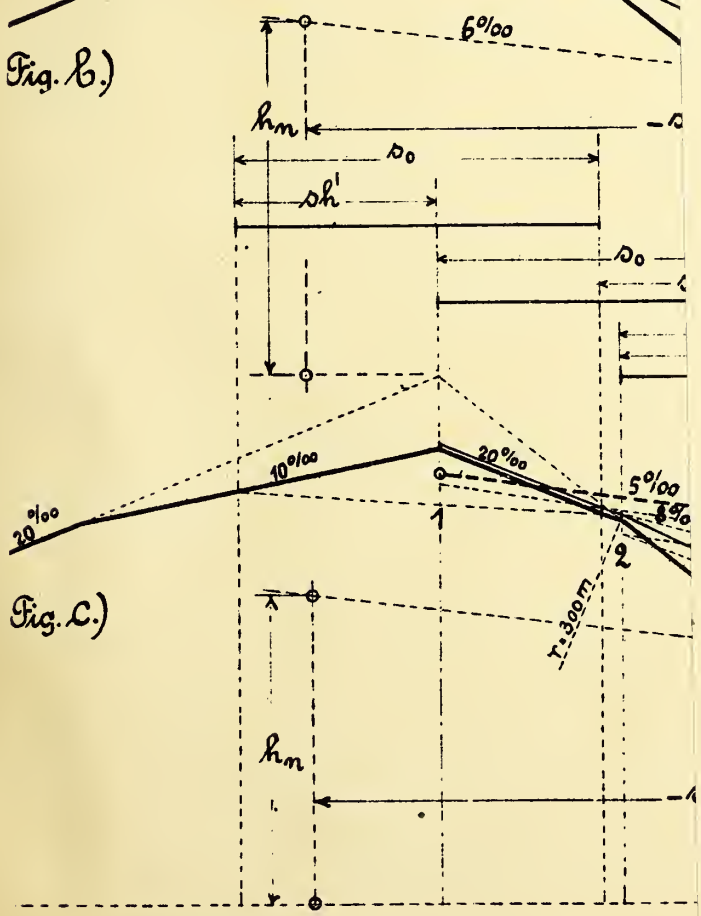
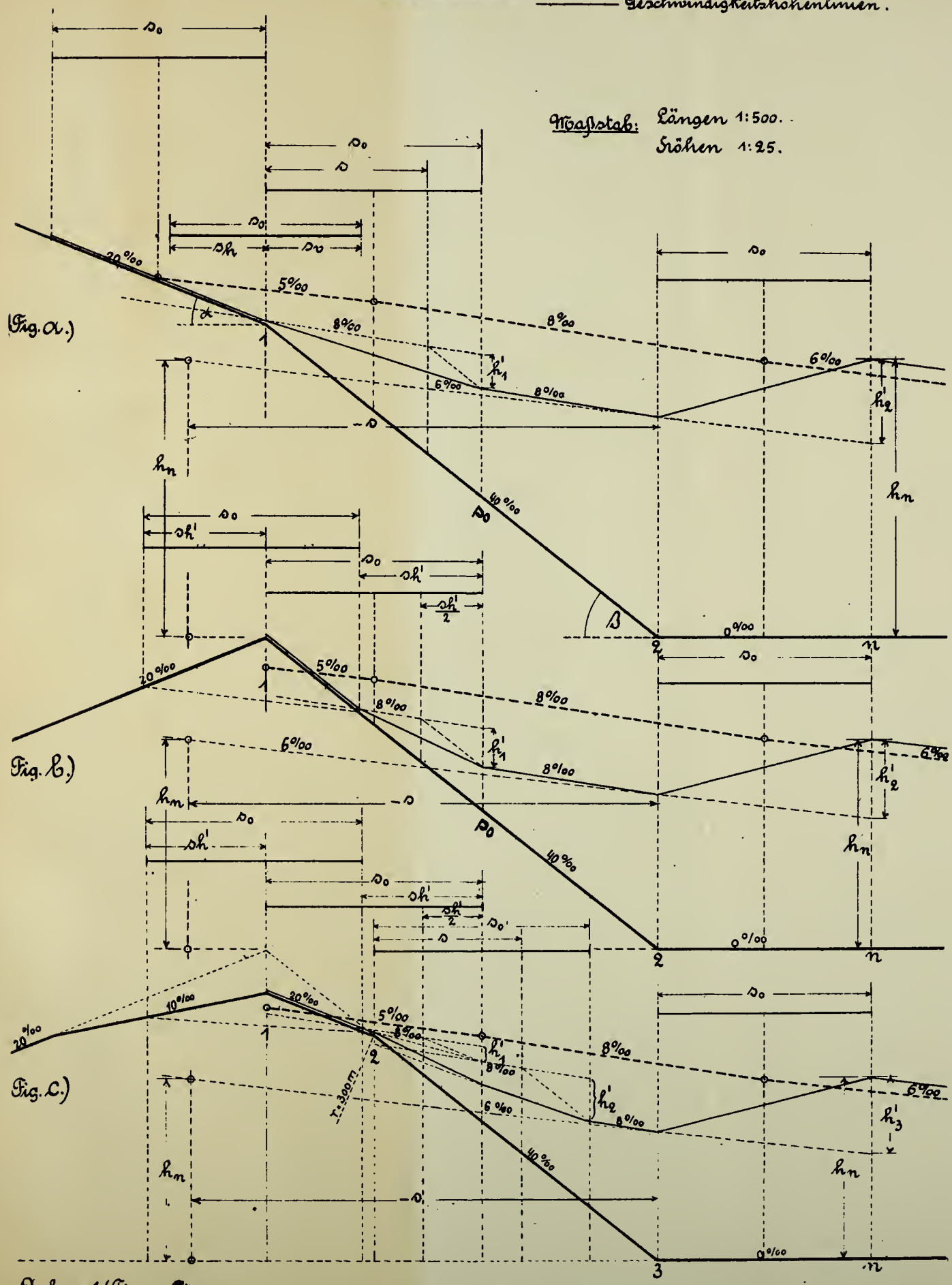


Fig. c.)

Anlage 1 (Fig. a-c)

Beispiele der Berechnung

Berücksichtigung des Einfl



Anlage 1 (Fig. a–c)

Beispiele der Berechnung von Geschwindigkeitshöhenlinien unter Berücksichtigung des Einflusses der Länge des Ablaufs.

Anlage 8 (Tafel)

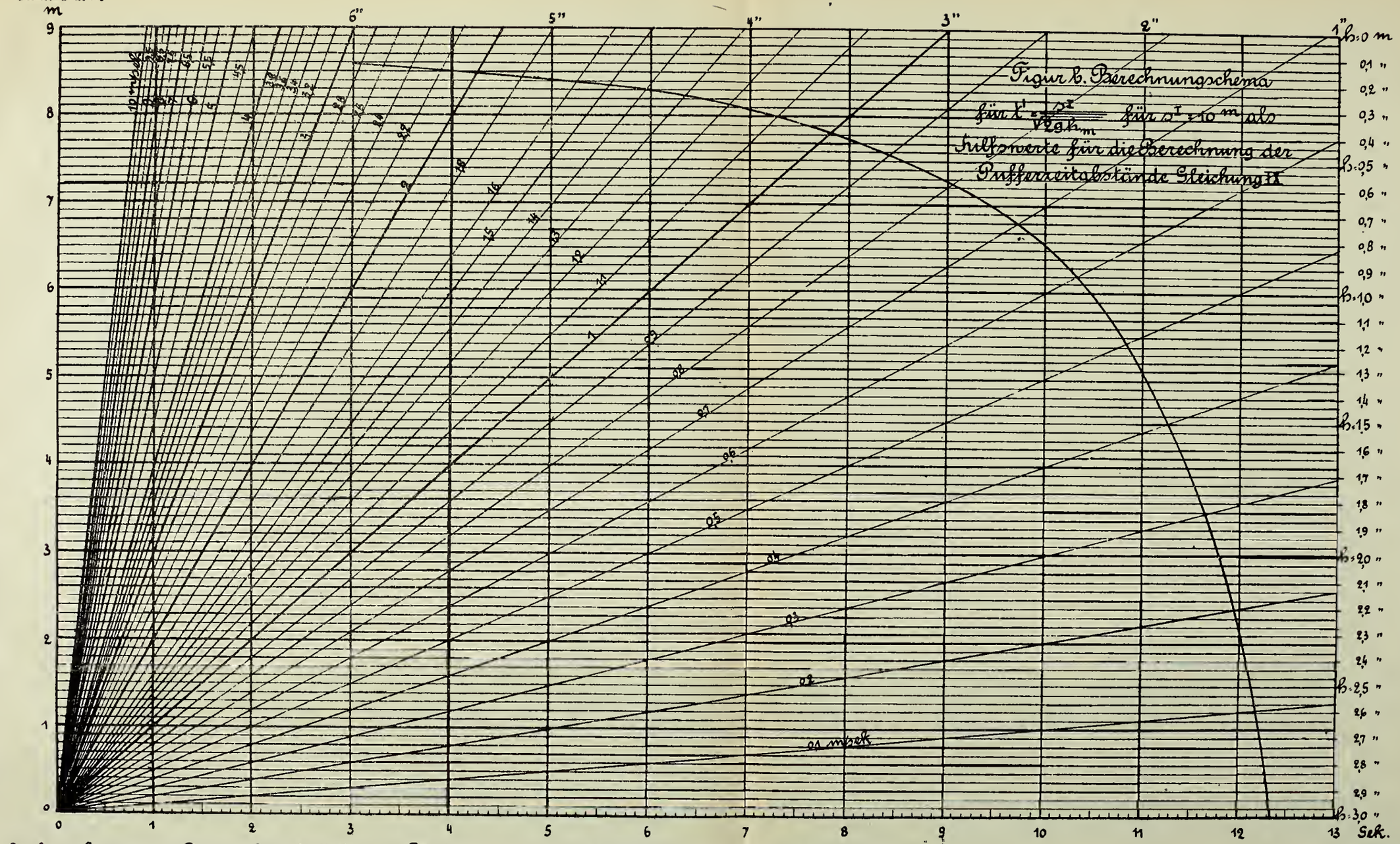
Bestellhöhen h für Werte von v = 25 m/sec bis v = 70 m/sec

Formel $v = \sqrt{2gh}$

v m/sec	s/v	s/v	h m
0,95	4,05809	1,00000	0,0459185
0,38	3,95746	1,02857	0,0465243
0,80	3,50000	1,25000	0,0728158
0,85	3,33333	1,31111	0,0819344
0,90	3,00000	1,40000	0,0918424
0,95	2,89855	1,48421	0,1020479
1,00	2,66667	1,50000	0,1125000
1,05	2,66667	1,57895	0,1232687
1,10	2,50000	1,62500	0,1342969
1,15	2,33333	1,65217	0,1456522
1,20	2,25000	1,70000	0,1572857
1,25	2,22222	1,75000	0,1691964
1,30	2,14286	1,80000	0,1813846
1,35	2,08333	1,85185	0,1938503
1,40	2,00000	1,85714	0,2065934
1,45	1,93548	1,89655	0,2196139
1,50	1,86667	1,90000	0,2329118
1,55	1,81818	1,93548	0,2464872
1,60	1,75000	1,93750	0,2603400
1,65	1,69697	1,96364	0,2744703
1,70	1,64706	1,97059	0,2888780
1,75	1,60000	1,97143	0,3035632
1,80	1,55556	1,97222	0,3185258
1,85	1,51351	1,97297	0,3337659
1,90	1,47368	1,97368	0,3492835
1,95	1,43590	1,97436	0,3650785
2,00	1,40000	1,97500	0,3811510
2,05	1,36585	1,97561	0,3975010
2,10	1,33333	1,97619	0,4141284
2,15	1,30233	1,97674	0,4310333
2,20	1,27273	1,97727	0,4482157
2,25	1,24444	1,97778	0,4656755
2,30	1,21739	1,97826	0,4834128
2,35	1,19149	1,97872	0,5014276
2,40	1,16667	1,97917	0,5197199
2,45	1,14286	1,97959	0,5382897
2,50	1,12000	2,00000	0,5571370
2,55	1,09804	2,00000	0,5762618
2,60	1,07692	2,00000	0,5956641
2,65	1,05660	2,00000	0,6153439
2,70	1,03704	2,00000	0,6353012
2,75	1,01818	2,00000	0,6555360
2,80	1,00000	2,00000	0,6760484
2,85	0,98246	2,00000	0,6968383
2,90	0,96552	2,00000	0,7179057
2,95	0,94915	2,00000	0,7392507
3,00	0,93333	2,00000	0,7608732
3,05	0,91803	2,00000	0,7827733
3,10	0,90323	2,00000	0,8049509
3,15	0,88889	2,00000	0,8274060
3,20	0,87500	2,00000	0,8501387
3,25	0,86154	2,00000	0,8731489
3,30	0,84848	2,00000	0,8964366
3,35	0,83582	2,00000	0,9200019
3,40	0,82353	2,00000	0,9438447
3,45	0,81159	2,00000	0,9679650
3,50	0,80000	2,00000	0,9923628
3,55	0,78873	2,00000	1,0170382
3,60	0,77778	2,00000	1,0419911
3,65	0,76712	2,00000	1,0672215
3,70	0,75676	2,00000	1,0927294
3,75	0,74667	2,00000	1,1185149
3,80	0,73684	2,00000	1,1445779
3,85	0,72727	2,00000	1,1709185
3,90	0,71795	2,00000	1,1975366
3,95	0,70886	2,00000	1,2244323
4,00	0,70000	2,00000	1,2516055
4,05	0,69136	2,00000	1,2790563
4,10	0,68293	2,00000	1,3067846
4,15	0,67470	2,00000	1,3347904
4,20	0,66667	2,00000	1,3630738
4,25	0,65882	2,00000	1,3916346
4,30	0,65116	2,00000	1,4204730
4,35	0,64368	2,00000	1,4495889
4,40	0,63636	2,00000	1,4789823
4,45	0,62921	2,00000	1,5086533
4,50	0,62222	2,00000	1,5386018
4,55	0,61538	2,00000	1,5688278
4,60	0,60870	2,00000	1,5993314
4,65	0,60215	2,00000	1,6301125
4,70	0,59574	2,00000	1,6611712
4,75	0,58947	2,00000	1,6925074
4,80	0,58333	2,00000	1,7241211
4,85	0,57732	2,00000	1,7560124
4,90	0,57143	2,00000	1,7881812
4,95	0,56566	2,00000	1,8206275
5,00	0,56000	2,00000	1,8533513
5,05	0,55446	2,00000	1,8863527
5,10	0,54902	2,00000	1,9196315
5,15	0,54369	2,00000	1,9531879
5,20	0,53846	2,00000	1,9870218
5,25	0,53333	2,00000	2,0211331
5,30	0,52830	2,00000	2,0555220
5,35	0,52336	2,00000	2,0901883
5,40	0,51852	2,00000	2,1251322
5,45	0,51376	2,00000	2,1603535
5,50	0,50909	2,00000	2,1958523
5,55	0,50450	2,00000	2,2316286
5,60	0,50000	2,00000	2,2676824
5,65	0,49558	2,00000	2,3040137
5,70	0,49123	2,00000	2,3406224
5,75	0,48696	2,00000	2,3775086
5,80	0,48276	2,00000	2,4146723
5,85	0,47863	2,00000	2,4521134
5,90	0,47458	2,00000	2,4898320
5,95	0,47059	2,00000	2,5278281
6,00	0,46667	2,00000	2,5661016
6,05	0,46281	2,00000	2,6046526
6,10	0,45902	2,00000	2,6434811
6,15	0,45528	2,00000	2,6825870
6,20	0,45161	2,00000	2,7219703
6,25	0,44800	2,00000	2,7616312
6,30	0,44444	2,00000	2,8015695
6,35	0,44094	2,00000	2,8417853
6,40	0,43750	2,00000	2,8822786
6,45	0,43411	2,00000	2,9230493
6,50	0,43077	2,00000	2,9640976
6,55	0,42748	2,00000	3,0054233
6,60	0,42424	2,00000	3,0470265
6,65	0,42105	2,00000	3,0889072
6,70	0,41791	2,00000	3,1310654
6,75	0,41481	2,00000	3,1735010
6,80	0,41176	2,00000	3,2162142
6,85	0,40876	2,00000	3,2592048
6,90	0,40580	2,00000	3,3024730
6,95	0,40288	2,00000	3,3460186
7,00	0,40000	2,00000	3,3898418
7,05	0,39716	2,00000	3,4339424
7,10	0,39437	2,00000	3,4783205
7,15	0,39161	2,00000	3,5229761
7,20	0,38889	2,00000	3,5679092
7,25	0,38621	2,00000	3,6131198
7,30	0,38356	2,00000	3,6586078
7,35	0,38095	2,00000	3,7043734
7,40	0,37838	2,00000	3,7504164
7,45	0,37584	2,00000	3,7967370
7,50	0,37333	2,00000	3,8433350
7,55	0,37086	2,00000	3,8902105
7,60	0,36842	2,00000	3,9373636
7,65	0,36601	2,00000	3,9847941
7,70	0,36364	2,00000	4,0325022
7,75	0,36129	2,00000	4,0804877
7,80	0,35897	2,00000	4,1287508
7,85	0,35669	2,00000	4,1772914
7,90	0,35443	2,00000	4,2261095
7,95	0,35220	2,00000	4,2752051
8,00	0,35000	2,00000	4,3245782
8,05	0,34783	2,00000	4,3742288
8,10	0,34568	2,00000	4,4241569
8,15	0,34356	2,00000	4,4743625
8,20	0,34146	2,00000	4,5248456
8,25	0,33939	2,00000	4,5756062
8,30	0,33735	2,00000	4,6266443
8,35	0,33533	2,00000	4,6779599
8,40	0,33333	2,00000	4,7295530
8,45	0,33136	2,00000	4,7814235
8,50	0,32941	2,00000	4,8335716
8,55	0,32749	2,00000	4,8859971
8,60	0,32558	2,00000	4,9387001
8,65	0,32370	2,00000	4,9916806
8,70	0,32184	2,00000	5,0449386
8,75	0,32000	2,00000	5,0984741
8,80	0,31818	2,00000	5,1522870
8,85	0,31638	2,00000	5,2063774
8,90	0,31461	2,00000	5,2607453
8,95	0,31285	2,00000	5,3153907
9,00	0,31111	2,00000	5,3703136
9,05	0,30939	2,00000	5,4255140
9,10	0,30769	2,00000	5,4809919
9,15	0,30601	2,00000	5,5367473
9,20	0,30435	2,00000	5,5927802
9,25	0,30270	2,00000	5,6490906
9,30	0,30108	2,00000	5,7056785
9,35	0,29947	2,00000	5,7625439
9,40	0,29787	2,00000	5,8196868
9,45	0,29630	2,00000	5,8771072
9,50	0,29474	2,00000	5,9348051
9,55	0,29319	2,00000	5,9927806
9,60	0,29167	2,00000	6,0510335
9,65	0,29016	2,00000	6,1095640
9,70	0,28866	2,00000	6,1683720
9,75	0,28718	2,00000	6,2274575
9,80	0,28571	2,00000	6,2868206
9,85	0,28426	2,00000	6,3464611
9,90	0,28283	2,00000	6,4063792
9,95	0,28141	2,00000	6,4665748
10,00	0,28000	2,00000	6,5270479

Radsl
m
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
Anla

Fig. b.

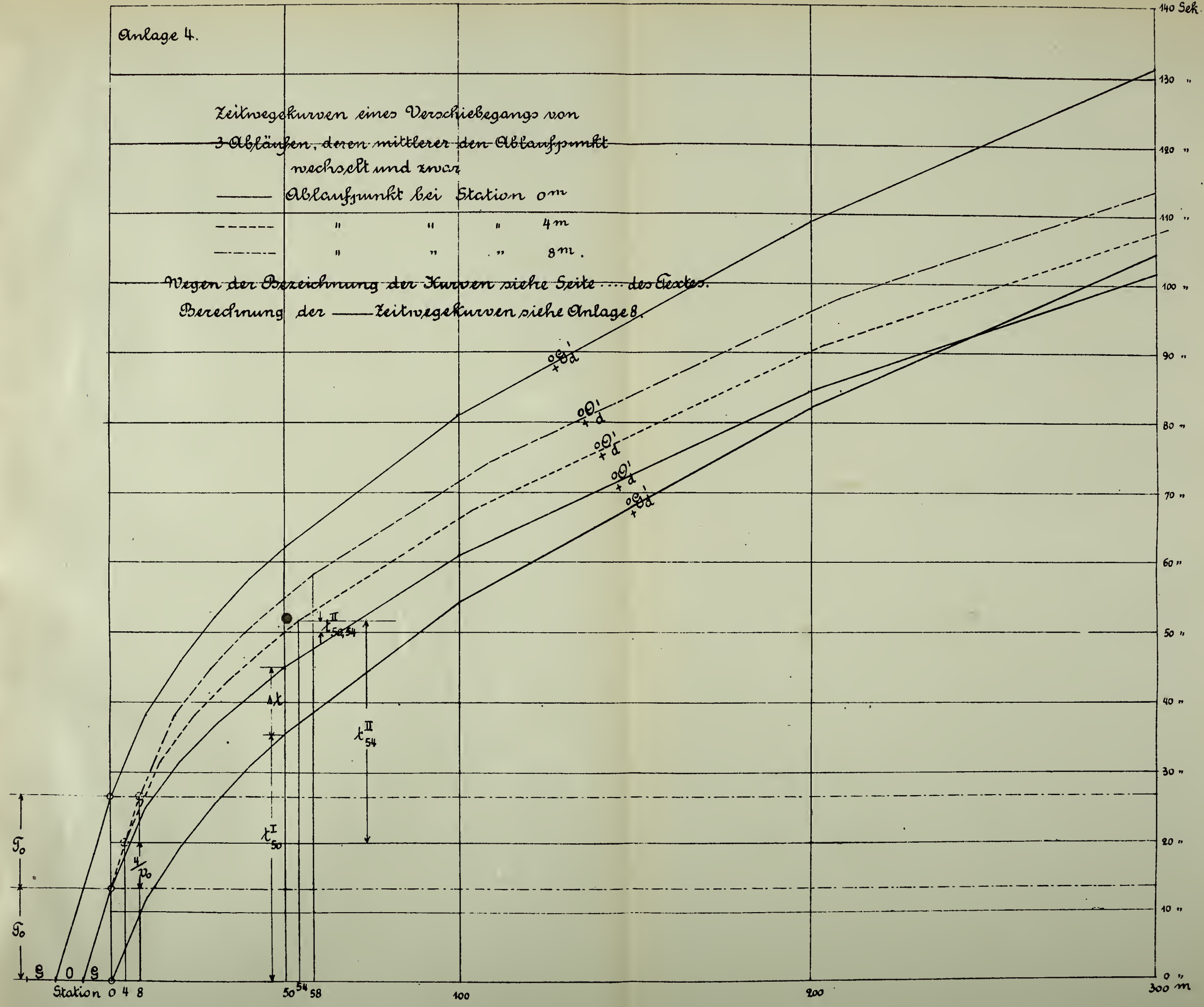


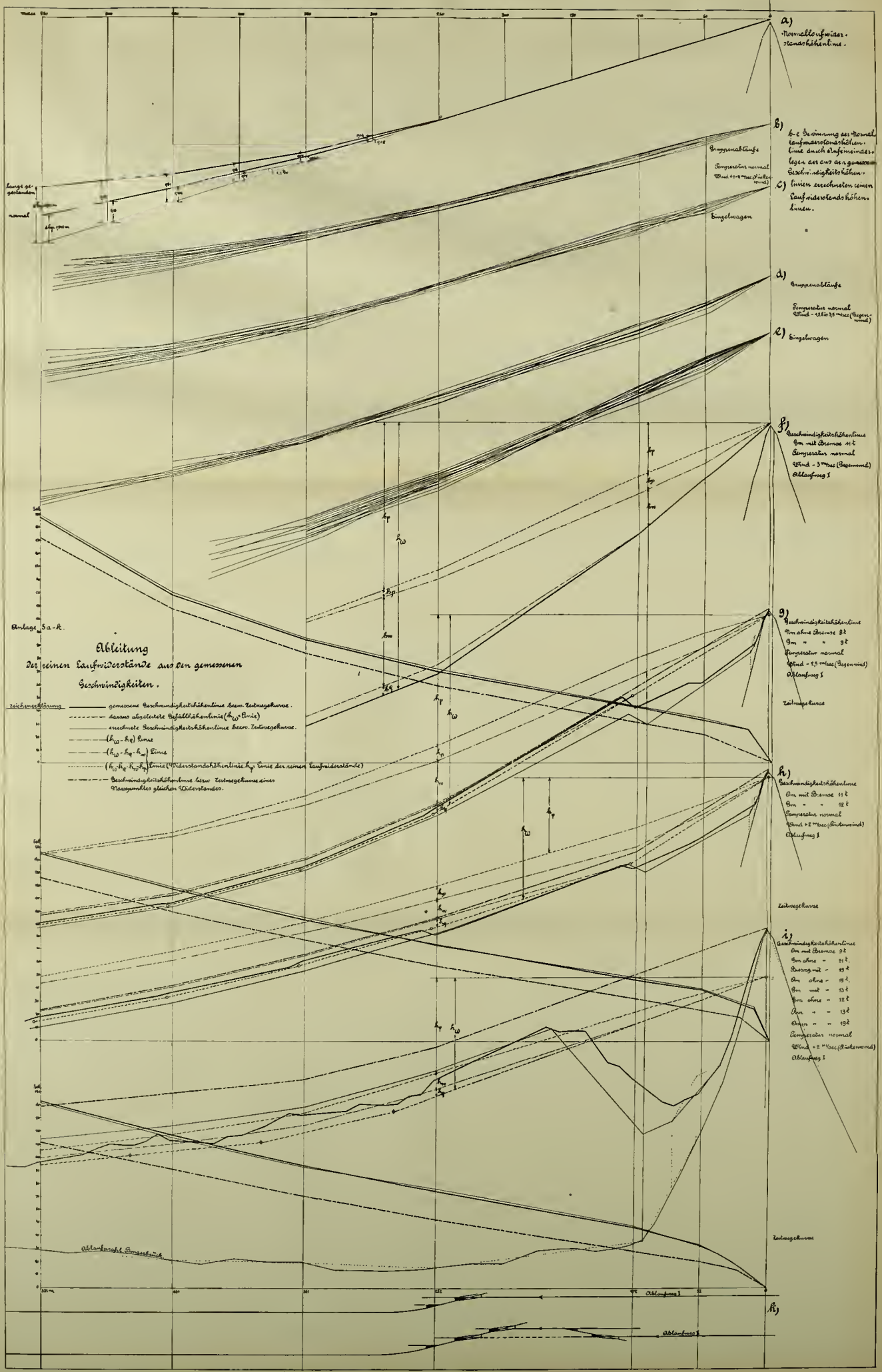
Anlage 3. Fig. a. Maßstab zur Bestimmung der Wagengeschwindigkeiten aus den Radständen

Anlage 4.

Zeitwegekurven eines Verschiebegangs von
3 Abläufen, deren mittlerer den Ablaufpunkt
wechselt und zwar
——— Ablaufpunkt bei Station 0^m
– – – – – – " " " $4m$
——·——·—— " " " $8m$.

Wegen der Bezeichnung der Kurven siehe Seite .... des Textes.
Berechnung der ——Zeitwegekurven siehe Anlage 8.





a) Normallaufwiderstandshöhenlinie.
b) b-e Gewinnung der Normallaufwiderstandshöhenlinie durch Aufeinanderlegen der aus den gemessenen Geschwindigkeitshöhen-linien errechneten reinen Laufwiderstandshöhenlinien.
c) Gruppenabläufe
Temperatur normal
Wind +1-3 m/sec (Rückenwind)
Einzelwagen
d) Gruppenabläufe
Temperatur normal
Wind -1,2 bis 3,5 m/sec (Gegenwind)
e) Einzelwagen
f) Geschwindigkeitshöhenlinie
Gm mit Bremse 11 t
Temperatur normal
Wind - 3 m/sec (Gegenwind)
Ablaufweg I
g) Geschwindigkeitshöhenlinie
Nm ohne Bremse 9 t
Gm " " 9 t
Temperatur normal
Wind - 2,5 m/sec (Gegenwind)
Ablaufweg I
Zeitwegekurve
h) Geschwindigkeitshöhenlinie
Gm mit Bremse 11 t
Gm " " 12 t
Temperatur normal
Wind +2 m/sec (Rückenwind)
Ablaufweg I
Zeitwegekurve
i) Geschwindigkeitshöhenlinie
Gm mit Bremse 9 t
Gm ohne " 21 t.
Bremsg mit " 19 t
Gm ohne " 19 t.
Gm mit " 13 t
Gm ohne " 12 t
Gm " " 13 t
Gm " " 19 t
Temperatur normal
Wind +2 m/sec (Rückenwind)
Ablaufweg I
Zeitwegekurve
k)
Ablaufweg I
Ablaufweg I
Anlage 5a-k.
Ableitung
der reinen Laufwiderstände aus den gemessenen
Geschwindigkeiten.
Zeichenerklärung
gemessene Geschwindigkeitshöhenlinie bezw. Zeitwegekurve.
daraus abgeleitete Gefällhöhenlinie (h_ω = Linie)
errechnete Geschwindigkeitshöhenlinie bezw. Zeitwegekurve.
(h_ω - h_p) Linie
(h_ω - h_p - h_w) Linie
(h_ω - h_p - h_w - h_p) Linie (Widerstandshöhenlinie h_p = Linie der reinen Laufwiderstände)
Geschwindigkeitshöhenlinie bezw. Zeitwegekurve eines Massepunktes gleichen Widerstandes.
Ablaufwahl Bemerkbrück

Anla

Anlage 6.

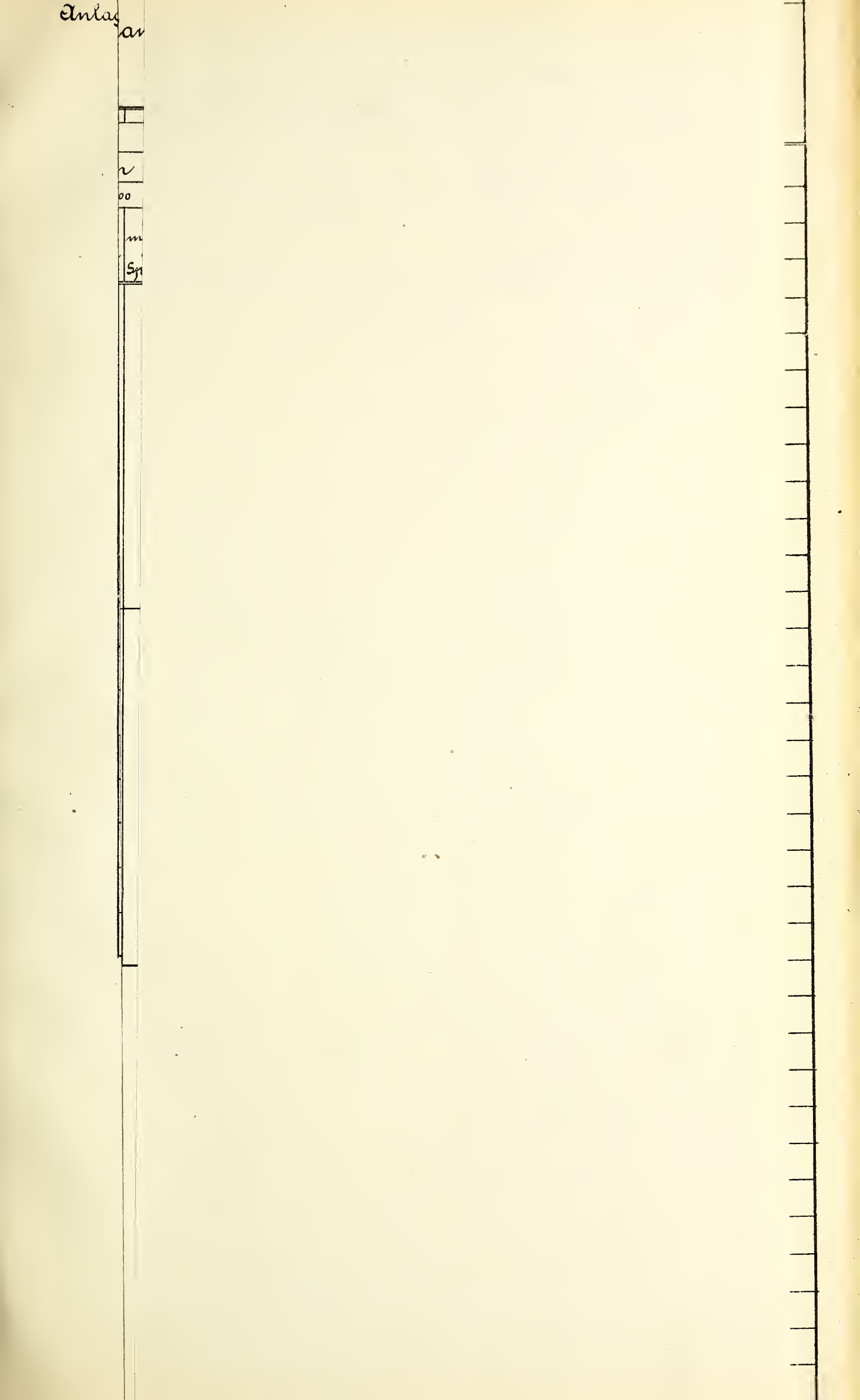
Zusammenstellung der reinen Laufwiderstände aus Ablaufmessungen in Bingerbrück bei normaler Temperatur.

Tafel 1. (Nach der Wagenzahl jeder Wagengruppe geordnet.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Lfd Nr des Abstoßes	Gewicht t	Gattung	Bremse mit ohne	Einzelwagen φ ‰ gemessen	Einzelwagen φ ‰ gemittelt aus Tafel 2 Anlage 6 Spalte 4	Gruppen von 2 Wagen Lfd Nr des Abstoßes	2 Wagen φ ‰ gemessen	2 Wagen φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	3 Wagen Lfd Nr des Abstoßes	3 Wagen φ ‰ gemessen	3 Wagen φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	4 Wagen Lfd Nr des Abstoßes	4 Wagen φ ‰ gemessen	4 Wagen φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	5 Wagen Lfd Nr des Abstoßes	5 Wagen φ ‰ gemessen	5 Wagen φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	6 Wagen und mehr Lfd Nr des Abstoßes	6 Wagen und mehr φ ‰ gemessen	6 Wagen und mehr φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	Bemerkungen
1	9	9m	ohne	~	~	17	3,5					25									
2	9	3m	"	4,0	4,0																
3	11	"	mit	4,4	4,3	18	3,7	3,5													
4	9	"	ohne	2,6	4,0																
5	9	"	"	4,6	4,0	19	4,2	3,9										29	3,0	3,3	
6	9	"	"	3,3	4,0																
7	16	4mal	mit	3,0					20	3,0	4,0				26	2,8	4,0				
8	11	3m	"	4,6	4,3																
9	10	"	"	4,6	4,3																
10	10	"	"	5,0	4,3	21	4,3	4,7													
11	9	"	ohne	4,4	4,0							27	3,4	4,7							
12	9	"	"	4,9	4,0	22	3,9	4,7													
13	10	"	mit	4,5	4,3													30	3,2	4,2	
14	10	9m	"	3,4	4,3				23	3,0	3,5										
15	8	3m	ohne	3,2	4,0	24		3,6													
16	11	4m	mit	4,0	4,3																

Tafel 2. (Nach dem mittleren Gewicht der Wagen jeder Wagengruppe geordnet.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gewicht t	Lfd Nr wie Tafel 1 Anlage 6	Einzelwagen φ ‰ gemessen	Einzelwagen φ ‰ gemittelt	Wagengruppen Lfd Nr wie Tafel 1 Anlage 6	Wagengruppen φ ‰ gemessen	Wagengruppen φ ‰ gemittelt	gemittelt aus φ ‰ der Einzelwagen	Bemerkungen
8	15	3,2	3,2	~	~	~	~	
9	12	4,9	4,0	17	3,6	3,8	4,0	
	2	4,0		19	4,2			
	4	2,6		21	4,3			
	5	4,6		22	3,9			
	6	3,3		24	~			
	11	4,4		25	~			
10	9	4,6	4,4	18	3,4	3,2	4,4	
	10	5,0		27	3,4			
	13	4,5		28	3,0			
	14	3,4		29	3,0			
				30	3,2			
11	3	4,4	4,3			2,8	4,3	
	8	4,6		26	2,8			
	16	4,0						
12	~	~	~	20	3,0	3,0	~	
16	7	3,0	3,0					



Anlage 7.

Zusammenstellung der reinen Laufwiderstände aus Ablaufmessungen in Bingerbrück bei normaler Temperatur.

Tafel 1. (Nach der Wagenzahl jeder Wagengruppe geordnet.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
				Einzelwagen		Gruppen von															
						2 Wagen			3 Wagen			4 Wagen			5 und 6 Wagen			7 und 8 Wagen			
Lfd Nr des Abstoßes	Gewicht t	Gattung	Bremse mit / ohne	φ ‰ gemessen	φ ‰ gemittelt aus Tafel 2 Anlage 7 Spalte 4	Lfd Nr des Abstoßes	φ ‰ gemessen	φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	Lfd Nr des Abstoßes	φ ‰ gemessen	φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	Lfd Nr des Abstoßes	φ ‰ gemessen	φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	Lfd Nr des Abstoßes	φ ‰ gemessen	φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	Lfd Nr des Abstoßes	φ ‰ gemessen	φ ‰ gemittelt aus Spalte 5	Bemerkungen
1	18	Gm	ohne	3,8	3,8	16	2,7	3,1	23	2,7	3,1	28	2,8	3,4				31	2,6	3,5	Bremse schleifend
2	22	Om	"	2,5	2,5																
3	16	Rm	mit	3,0	3,1	17	3,4	3,7													
4	10	Gm	ohne	4,4	4,4				24	3,6	3,9										
5	11	Om	mit	4,4	4,4	18	3,2	3,7													
6	12	Gm	mit	3,1	3,0										29	3,2	4,0				
7	16	Og	ohne	3,2	3,1	19	3,8	4,6	25	3,8	4,1										
9	9	Om	mit	6,0	6,0													32	2,6	3,6	
9	21	Gm	ohne	3,3	3,3	20	3,2	3,2													
10	19	Riemog	mit	3,1	3,2																
11	19	Om	ohne	2,7	3,2	21	3,0	3,0	26	3,0	3,0										
12	13	Gm	mit	3,3	3,6										30	2,7	3,3				
13	12	Gm	ohne	3,0	3,0																
14	13	Rm	"	4,0	3,6				27	3,8	3,6										
15	19	Omm	"	3,8	3,2				22	3,4	3,6										

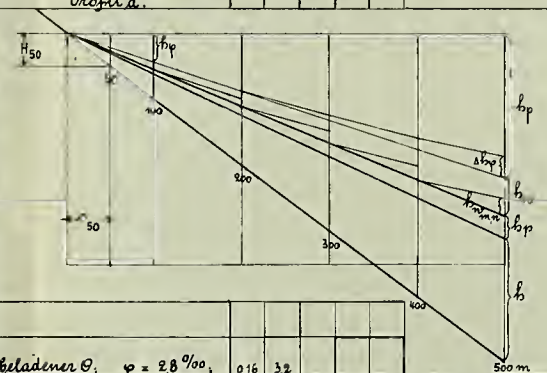
Tafel 2. (Nach dem mittleren Gewicht der Wagen jeder Wagengruppe geordnet.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Einzelwagen		Wagengruppen				
			φ ‰		φ ‰		gemittelt aus φ ‰ der Einzelwagen Spalte 3	
Gewicht t	Lfd Nr wie Tafel 1 Anlage 7	gemessen	gemittelt	Lfd Nr wie Tafel 1 Anlage 7	gemessen	gemittelt		Bemerkungen
9	8	6,0	6,0					Bremse schleifend
10	4	4,4	4,4					
11	5	4,4	4,4	24	3,9	3,8	4,4	
				18	3,7			
12	6	3,1	3,0	19	3,8	3,8	3,0	
	13	3,0						
13	12	3,3	3,6	17	3,4	3,4	3,6	
	14	4,0						
14				22	3,4	3,3		
				29	3,2			
15				29	3,8	3,4		
				29	3,8			
				31	3,8			
16	3	3,0	3,1	32	3,8	2,8	3,1	
	7	3,2		28	2,8			
				21	3,0			
17				26	3,0	3,0		
18	1	3,8	3,8					
19	10	3,1	3,2	23	2,7	2,7	3,3	
	11	2,7						
	15	3,8						
20				16	2,7	2,9		
				20	3,2			
21	9	3,3	3,3					
22	2	2,5	2,5					

1	2	3	4	5	27	28	29	30	31	32	33	34	
Lfd Nr	s_m m	$s_{m,n}$ m	H_m m	h_φ m	s_h' bezw s m	s_m m	$s_{m,n}$ m	$h = h^{xx} + h_\varphi + h' \frac{1}{v_0}$	$\frac{1}{2}\frac{1}{v}$	gemitt $\frac{1}{v}$	$t_{m,n}$ sec	t sec	Bemerkungen
$^0G'$ + d	0		0	0		0		0,018	0,833				
		50				8	8	0,056	0,476	1,309	10,04	10,04	
	50		0,50	0,22		10	2	0,066	0,439	0,915	1,83	11,87	
		50				20	10	0,114	0,333	0,772	7,72	19,59	
	100		1,00	0,45		30	10	0,162	0,278	0,611	6,11	25,70	
		100				40	10	0,210	0,245	0,523	5,23	30,93	
	200		2,00	0,9		50	10	0,258	0,222	0,467	4,67	35,60	
		100				60	10	0,304	0,204	0,426	4,26	39,86	
	300		3,00	1,3		70	10	0,350	0,190	0,394	3,94	43,80	
		100				80	10	0,396	0,178	0,368	3,68	47,48	
	400		4,00	1,8		90	10	0,442	0,169	0,347	3,47	50,95	
		100				100	10	0,488	0,161	0,330	3,30	54,25	
	500		5,00	2,2		200	100	0,898	0,119	0,280	28,00	82,25	
						300	100	1,298	0,099	0,218	21,80	104,05	
						400	100	1,688	0,086	0,185	18,50	122,55	
						500	100	2,048	0,078	0,164	16,40	138,95	
$^0O'$ + d	0		0	0		0		0,018	0,833				
		50				8	8	0,072	0,421	1,254	10,00	10,00	
	50		0,50	0,1		10	2	0,086	0,384	0,805	1,61	11,61	
		50				20	10	0,154	0,285	0,669	6,69	18,30	
	100		1,00	0,2		30	10	0,222	0,238	0,523	5,23	23,53	
		100				40	10	0,290	0,208	0,446	4,46	27,99	
	200		2,00	0,5		50	10	0,358	0,188	0,396	3,96	31,95	
		100				60	10	0,426	0,172	0,360	3,60	35,55	
	300		3,00	0,8		70	10	0,494	0,160	0,332	3,32	38,87	
		100				80	10	0,562	0,150	0,310	3,10	41,97	
	400		4,00	1,1		90	10	0,630	0,141	0,291	2,91	44,88	
		100				100	10	0,698	0,135	0,276	2,76	47,64	
	500		5,00	1,4		200	100	1,358	0,097	0,232	23,20	70,84	
						300	100	2,018	0,079	0,176	17,60	88,44	
						400	100	2,718	0,068	0,147	14,70	103,14	
						500	100	3,418	0,060	0,128	12,80	115,94	

Anlage 6 (Tafel)

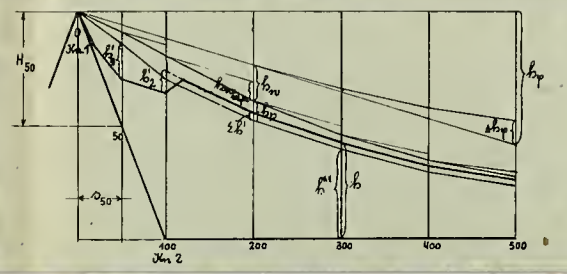
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Lfd Nr.	s_m	$s_{m,m}$	H_m	h_{vp}	Δh_{vp}	h_{vs}	$h_{vp}-\Delta h_{vp}+h_{vs}$	$h^{xx}_m=H-(h_{vp}-\Delta h_{vp}+h_{vs})$	$h^{xx}_m-h_{vm}-h_{vm}$	$h^{xx}_m-h_{vm,m}(Sp.19)$	$h^{xx}_m-h_{vm}$	v_m	v_{ma}	v_w	w ‰	gemittelt w ‰	$h_{w\,m,m}$	$h_{w\,m}$	Charakterist. des Ablaufs	$H-h^{xx}_m=h_{vm,m}$	ω ‰	Knickpunkt	α'	β'	$v'_h=-v_o\frac{\beta'}{\alpha'-\beta'}$ $\quad v=\frac{v_o}{2}\cdot\frac{\alpha'+\beta'}{\beta'}$	h^{xx}_m bezw. s	s_m	$s_{m,m}$	$h=h^{xx}_m+h_{vm}$	$\frac{1}{2}\frac{1}{v}$	gemittelt $\frac{1}{v}$	$t_{m,m}$	t	Bemerkungen
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m/sec	m/sec	m/sec			m	m		m							m	m	m				sec	sec	
$^{o}Q'_{+d}$	0		0	0	-	-	0	0		0		0	0	0	0				1 leerer G; φ = 4,5 ‰;	0,26	52						0		0,018	0,033				
		50														0,15											8		0,056	0,476		1,309	10,04	10,04
	50		0,50	0,325	-	-	0,825	0,875			0,275	2,35	0	2,35	0,3		0,308	0,01	Temperatur normal;								2							
																			v_{m_a} = 0 m/sec;								10		0,066	0,439		0,915	1,83	11,87
		50							0,24	0,265		2,30		2,30	0,3				s_o = 8 m;								20		0,114	0,323		0,778	7,78	19,59
	100		1,00	0,45	-	-	0,45	0,55			0,54	3,25	0	3,25	2,6	0,45	0,02	0,03	v_o = 0,6 m/sec;								30		0,167	0,278		0,611	6,11	25,7
		100							0,47	1,52		3,50		3,50	0,6				$1-\frac{Q'}{Q}$ = 0,9								40		0,190	0,245		0,573	5,73	31,43
	200		2,00	0,90	-	-	0,90	1,10			1,07	4,60	0	4,60	1,1	0,85	0,09	0,12										50		0,358	0,292		0,467	4,67	35,60
		100							0,88	0,98		4,40		4,40	1,0				Profil d.								60		0,304	0,204		0,426	4,26	39,86
	300		3,00	1,35	0,02	-	1,33	1,67			1,55	5,50	0	5,50	1,5	1,25	0,125	0,25										70		0,350	0,190		0,394	3,94	43,80
		100							1,28	1,42		5,30		5,30	1,5													80		0,396	0,178		0,368	3,68	47,48
	400		4,00	1,80	0,07	-	1,73	2,27			2,02	6,30	0	6,30	1,9	1,70	0,17	0,42										90		0,448	0,169		0,347	3,47	50,95
		100							1,67	1,85		6,05		6,05	1,9													100		0,488	0,161		0,330	3,30	54,25
	500		5,00	2,25	0,16	-	2,09	2,91			2,49	7,00	0	7,00	2,6	2,25	0,225	0,65										200		0,838	0,119		0,280	2,80	88,25
									2,03	2,26																	100					0,218	2,18	104,05
																											300		1,238	0,099		0,185	1,85	122,55
																											400		1,588	0,085				
																											100					0,164	1,64	138,95
																											500		2,048	0,078				
$^{o}Q'_{+d}$	0		0	0	-	-	0	0			0	0	0	0	0				1 beladener G; φ = 2,8 ‰;	0,16	32						0		0,018	0,833				
		50														0,05											8		0,072	0,421		1,254	10,00	10,00
	50		0,50	0,14	-	-	0,14	0,36			0,36	2,65	0	2,65	0,1		0,002	0,002	Temperatur normal;								2							
																			v_{m_a} = 0 m/sec;								10		0,088	0,364		0,805	1,61	11,61
		50							0,34	0,358		2,65		2,65	0,1				s_o = 8 m;								20		0,154	0,285		0,662	6,62	18,30
	100		1,00	0,28	-	-	0,28	0,72			0,78	3,75	0	3,75	0,1	0,1	0,005	0,007	v_o = 0,6 m/sec;								30		0,232	0,238		0,523	5,23	23,53
		100							0,68	0,713		3,75		3,75	0,1				$1-\frac{Q'}{Q}$ = 0,05								40		0,280	0,208		0,446	4,46	27,99
	200		2,00	0,56	-	-	0,56	1,44			1,43	5,30	0	5,30	0,3	0,2	0,02	0,027										50		0,360	0,188		0,396	3,96	31,95
		100							1,34	1,413		5,25		5,25	0,3													60		0,426	0,178		0,360	3,60	35,55
	300		3,00	0,84	0,02	-	0,82	2,18			2,153	6,50	0	6,50	0,4	0,35	0,035	0,062										70		0,494	0,160		0,332	3,32	38,87
		100							2,00	2,148		6,45		6,45	0,4													80		0,562	0,150		0,310	3,10	41,97
	400		4,00	1,12	0,07	-	1,05	2,95			2,89	7,55	0	7,55	0,6	0,50	0,08	0,11										90		0,630	0,141		0,291	2,91	44,88
		100							2,70	2,84		7,50		7,50	0,6													100		0,698	0,135		0,276	2,76	47,64
	500		5,00	1,40	0,16	-	1,24	3,76			3,65	8,45	0	8,45	0,8	0,70	0,07	0,18										200		1,358	0,097		0,232	2,32	70,84
									3,40	3,58																	300		2,018	0,079		0,176	1,76	88,44
																											400		2,718	0,068		0,147	1,47	102,14
																											500		3,418	0,060		0,128	1,28	115,94



1	2	3	4	5	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Lfd Nr	s_m m	$s_{m,n}$ m	H_m m	h_φ m	s'_h bezw s m	s_m m	$s_{m,n}$ m	$h = h^{xx} + h_{v_0} \pm h'$	$\frac{1}{2}\frac{1}{v}$	gemitt $\frac{1}{v}$	$t_{m,n}$ sec	t sec	Bemerkungen.
$^0_+3G'_b$	0		0	0	9,46	0		0,018	0,833				
		50				10,5	10,5	0,018	0,833	1,666	17,49	17,49	
	50		1,75	0,20		14,54	4,04	0,018	0,833	1,666	6,73	24,22	
		50				19,27	4,75	0,085	0,384	1,217	5,76	29,98	
	100		3,50	0,40	−52,3	24	4,73	0,150	0,290	0,674	3,19	33,17	
		100				30	6	0,315	0,202	0,492	2,95	36,12	
	200		3,50	0,80		40	10	0,585	0,147	0,349	3,49	39,61	
		100				50	10	0,86	0,121	0,268	2,68	42,29	
	300		3,50	1,20		60	10	1,128	0,106	0,227	2,27	44,56	
		100				70	10	1,396	0,095	0,201	2,01	46,57	
	400		3,50	1,60		80	10	1,664	0,086	0,181	1,81	48,38	
		100				90	10	1,932	0,080	0,166	1,66	50,04	
	500		3,50	2,00		100	10	2,20	0,075	0,155	1,55	51,59	
						124	24	2,47	0,071	0,146	3,50	55,09	
						200	76	2,08	0,078	0,149	11,32	66,41	
						300	100	1,64	0,087	0,165	16,50	82,91	
						400	100	1,24	0,101	0,188	18,80	101,71	
						500	100	0,91	0,118	0,219	21,90	123,61	

Anlage 9 (Tafel)

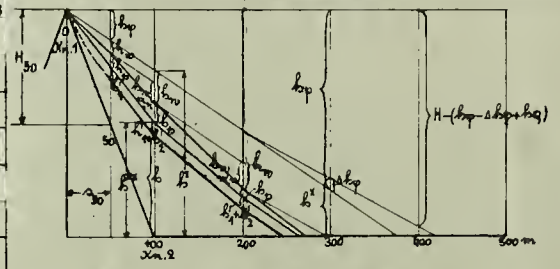
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Lfd Nr	s_m	$s_{m,n}$	H_m	h_{vp}	Δh_{vp}	h_{vg}	$h'_{vp} = H_m + h_{vp} - \Delta h_{vp} + h_{vg}$	$h'_{vg} = h'_{vp} - h_{vg}$	$h''_m = h'_{vp} - h_{vm}$	$h''_{m,n} = h'_{vp} - h_{vm,n}$	$h''_{m,n} = h'_{vp} - h_{vn,n}$	v_m	v_{ma}	v_m	$v_{m,n}$	gemittelt $v_{m,n}$	h_{vm}	h_{vn}	Charakteris des Ablaufs	$H_m - h''_{m,n} = h_{vm,n}$	$\omega_{m,n}$	Knick punkt	α'	β'	$s'_h = -s_o \frac{\beta'}{\alpha' - \beta'}$ $D = \frac{s_o}{2} \cdot \frac{\alpha' + \beta'}{\beta'}$	s'_h leere D	s_m	$s_{m,n}$	$h_{vp} + h'_{vp}$	$\frac{1}{2}\frac{1}{D}$	gemittelt $\frac{1}{D}$	$t_{m,n}$	t	Bemerkungen.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m/sec	m/sec	m/sec			m	m		m							m	m	m				sec	sec	
0	0		0	0	0	-	0	0		0		0	0	0	0				3 leere G;	0,37	7,4	1	-42,4	27,6	$s'_h = -24 \cdot \frac{27,6}{-42,4-27,6} =$	9,46	0		0,018	0,833				
+																																		
3,0		50														0,40			$\varphi = 4,5^0/_{00} - 0,4^0/_{00} = 4,1^0/_{00}$								10,5		0,018	0,833	1,666	17,49	17,49	
																											10,5							
	50		1,75	0,80	0	-	0,80	1,55			1,55	5,50	0	5,50	0,80		0,02	0,02	Temperatur normal;								14,54	4,04	0,018	0,833	1,666	6,73	24,22	
		50							1,38	1,53		5,50		5,50	0,80				$v_{ma} = 0$ m/sec;	0,41	8,2						19,27	4,75	0,085	0,384	1,917	5,76	29,98	
	100		3,50	0,40	0	--	0,40	3,10			3,08	7,75	0	7,75	1,60	1,20	0,06	0,08	$p_o = 3 \times 8 = 24$ m;			2	26,8	-5,0	$s'_h = 12 \cdot \frac{26,8 - 5,0}{-5,0} =$	-52,3	9,4	4,75	0,150	0,890	0,674	3,19	33,17	
		100							2,78	3,08		7,70		7,70	1,60				$v_o = 0,6$ m/sec;	0,50	5,0						3,0	6	0,315	0,808	0,492	2,95	36,12	
	200		3,50	0,80	0	-	0,80	2,70			2,62	7,20	0	7,20	1,40	1,50	0,15	0,23	$1 - \frac{g'}{g} = 0,9$;								4,0	10	0,585	0,147	0,349	3,49	39,61	
		100							2,88	2,47		6,95		6,95	1,20												5,0	10	0,86	0,191	0,268	2,68	42,29	
	3,00		3,50	1,20	0,02	-	1,18	2,32			2,09	6,40	0	6,40	1,20	1,20	0,12	0,35	Profil b.								6,0	10	1,128	0,106	0,227	2,27	44,56	
		100							1,77	1,97		6,20		6,20	1,00												7,0	10	1,396	0,095	0,201	2,01	46,57	
	4,00		3,50	1,60	0,17	-	1,53	1,77			1,62	5,65	0	5,65	0,80	0,90	0,07	0,44									8,0	10	1,664	0,086	0,181	1,81	48,38	
		100							1,38	1,53		5,50		5,50	0,80												9,0	10	1,932	0,080	0,166	1,66	50,04	
	5,00		3,50	2,00	0,16	-	1,84	1,66			1,22	4,90	0	4,90	0,60	0,70	0,07	0,51									10,0	10	2,20	0,075	0,155	1,55	51,59	
									1,04	1,15																	12,4	24	2,47	0,071	0,146	3,50	55,09	
																											20,0	76	2,08	0,078	0,149	11,32	66,41	
																											30,0	100	1,64	0,087	0,165	16,50	82,91	
																											40,0	100	1,24	0,101	0,188	18,80	101,71	
																											50,0	100	0,91	0,118	0,219	21,90	123,61	



1	2	6	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Lfd Nr	s_m m	$\frac{\beta'}{\beta'-\beta'}$ $\frac{+\beta'}{}$ m'	$s_{h'}$ bezw. s m	s_m m	$s_{m,n}$ m	$h = h^{xx} + h_v + h'$	$\frac{1}{2}\frac{1}{v}$	gemitt. $\frac{1}{v}$	$t_{m,n}$ sec	t sec	Bemerkungen.
$-G_b'$	0	,4 / 5 − 20,4 =	23,3	0		0,018	0,833				
				5,07	5,67	0,018	0,833	1,666	9,45	9,45	
	50	10 m		8	2,33	0,04	0,555	1,388	3,23	12,68	
				10	2,0	0,08	0,400	0,955	1,94	14,59	
	100	−11,6 / 1,6 =	−2,5	20	10	0,29	0,210	0,610	6,10	20,69	
				30	10	0,49	0,159	0,369	3,69	24,38	
	200			40	10	0,71	0,134	0,293	2,93	27,31	
				50	10	0,92	0,117	0,251	2,51	29,82	
	300			60	10	1,108	0,107	0,224	2,24	32,06	
				70	10	1,296	0,099	0,206	2,06	34,12	
	400			80	10	1,484	0,092	0,191	1,91	35,03	
		kg)		90	10	1,672	0,086	0,178	1,78	36,81	
	500			100	10	1,86	0,082	0,168	1,68	38,49	
				200	100	0,70	0,134	0,216	21,60	60,09	
				300	100						
		m									

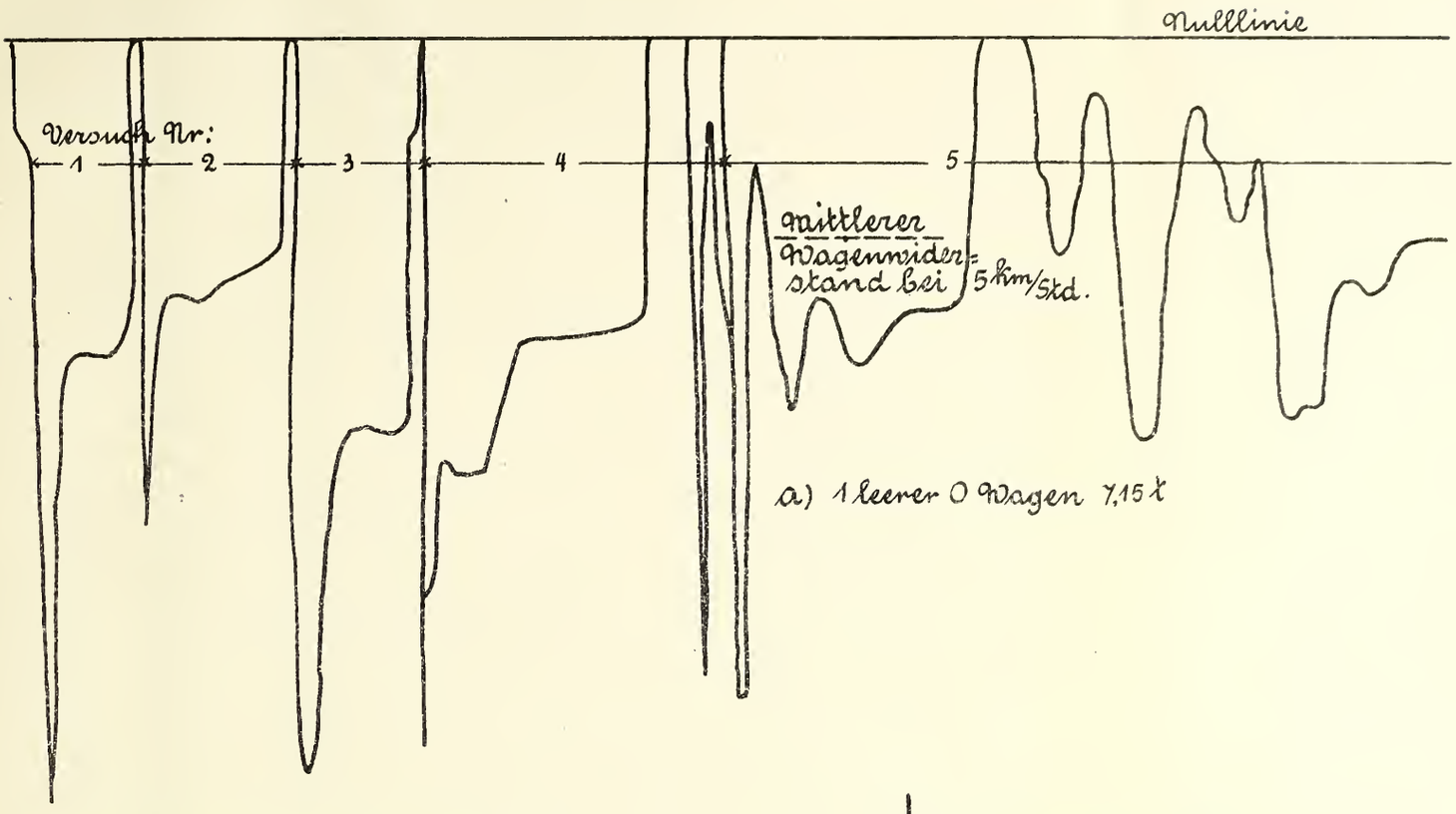
Anlage 10. (Tafel)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Pfd Nr	s_m	$s_{m,n}$	H_m	h_p	Δh_p	h_q	$h_p-\Delta h_p+h_q$	$h_m^{1,5}\cdot H-(h_p-\Delta h_p+h_q)$	$h_m^{1,5}-h_p=h_m^{1,5}$	$h_m^{1,5}-h_{m,m}$ (Sp. 10)	$h_{m,n}^{1,5}-h_{m,m}$ (Sp. 9)	v_m	$v_{m,a}$	v_m	v ‰	v ‰ gemittelt	h_{v_m}	$h_{v_{m,n}}$	Charakteris. des Ablaufs	$H-h_{m,m}^{1,5}$	$\omega_{m,n}^{1,5}$	Zwischenpunkt Nr	d'	β'	$s_h'=-s_0\frac{\beta'}{d'-\beta'}$ $\rho=\frac{s_0}{2}\frac{d'+\beta'}{\beta'}$	s_h' bezw. ρ	s_m	$s_{m,n}$	$h=h^{1,5}+h_v'$	$\frac{1}{2}\frac{1}{v}$	$\frac{1}{v}$ gemittelt	$t_{m,n}$	t	Bemerkungen.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m/sec	m/sec	m/sec			m	m		m		Nr				m	m	m					sec	sec	
$-s_h'$	0		0	0	0	–	0	0		0		0	6,0	6,0	1,9				1 leerer s_h; $\varphi=(4,5‰)$ $\varrho=9‰$;	2,73	1,46	1	-4,96	2,04	$s_h'=-8\cdot\frac{2,0,4}{-4,9,6-2,0,4}=$	23,3	0		0,018	0,833				
		50														3,4			Temperatur tief;									5,67	0,018	0,833	1,660	9,45	9,45	
	50		1,75	0,45	0	–	0,45	1,30			1,30	5,1	4,5	9,6	4,9		0,17	0,17	$v_{m_1}=-6$ m/sec. (Gegenwind)						$h_1'=-0,10$ m		5,07	2,33	0,04	0,555	1,388	3,23	12,68	
		50							1,02	1,13		4,75		9,25	4,6				$s_0=8$ m	0,81	1,62							8	2,0	0,08	0,400	0,955	1,94	14,59	
	100		3,50	0,90	0	–	0,90	2,60			2,43	6,9	3,0	9,9	5,4	5,0	0,23	0,42	$v_0=0,6$ m/sec.			2	18,8	-11,6	$\rho=4\cdot\frac{18,8-11,6}{-11,6}=$	-2,5	2,0	1,0	0,29	0,210	0,610	6,10	20,69	
		100							1,96	2,18		6,55		9,55	4,8				$1-\frac{s_h'}{s}=0,8$	1,16	1,16							3,0	1,0	0,49	0,159	0,369	3,69	24,38	
	200		3,50	1,80	0	–	1,80	1,70			1,28	5,0	2,25	7,25	2,8	3,9	0,39	0,81	Profil b.						$h_2'\sim 0$		4,0	1,0	0,71	0,134	0,293	2,93	27,31	
		100							0,80	0,89		4,2		6,45	2,2												5,0	1,0	0,92	0,117	0,251	2,51	29,82	
	300		3,50	2,70	0,07	–	2,68	0,82			0,91	0,5	1,5	2,0	0,2	1,2	0,18	0,93									6,0	1,0	1,108	0,107	0,224	2,24	32,06	
		100								0,11																	7,0	1,0	1,29	0,099	0,206	2,06	34,12	
	400		3,50	3,60	0,07	–	3,53																				8,0	1,0	1,484	0,092	0,191	1,91	36,03	
		100																									9,0	1,0	1,672	0,086	0,178	1,78	36,81	
	500		3,50	4,50	0,16	–	4,34																				10,0	1,0	1,86	0,082	0,168	1,68	38,49	
																											20,0	10,0	3,0	0,134	0,216	21,60	60,09	
																											30,0	10,0						



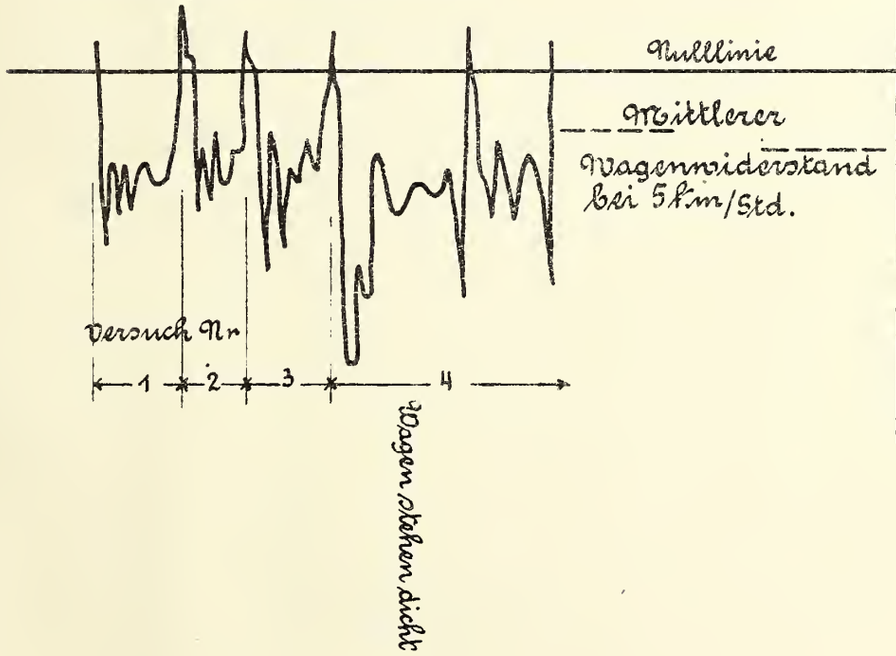
Anlage 11.

Abhängigkeit der Anlaufwiderstände von der Wagenzahl.

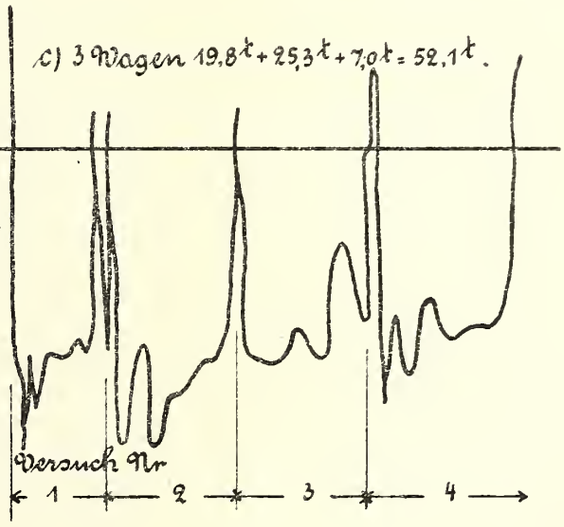


a) 1 leerer O Wagen 7,15 t

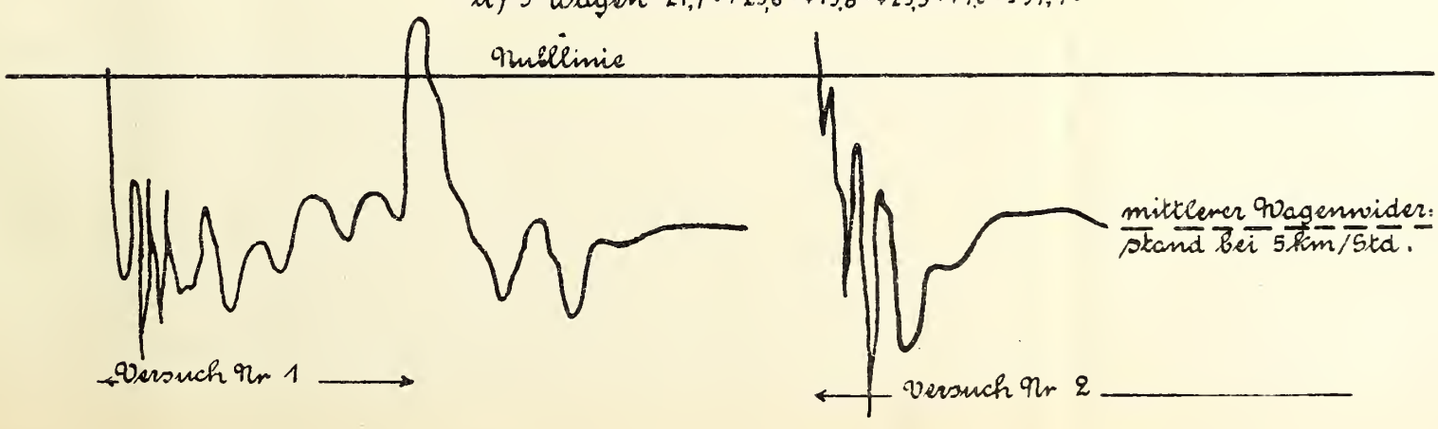
b) 2 Wagen 21,7 t + 23,6 t = 45,3 t.

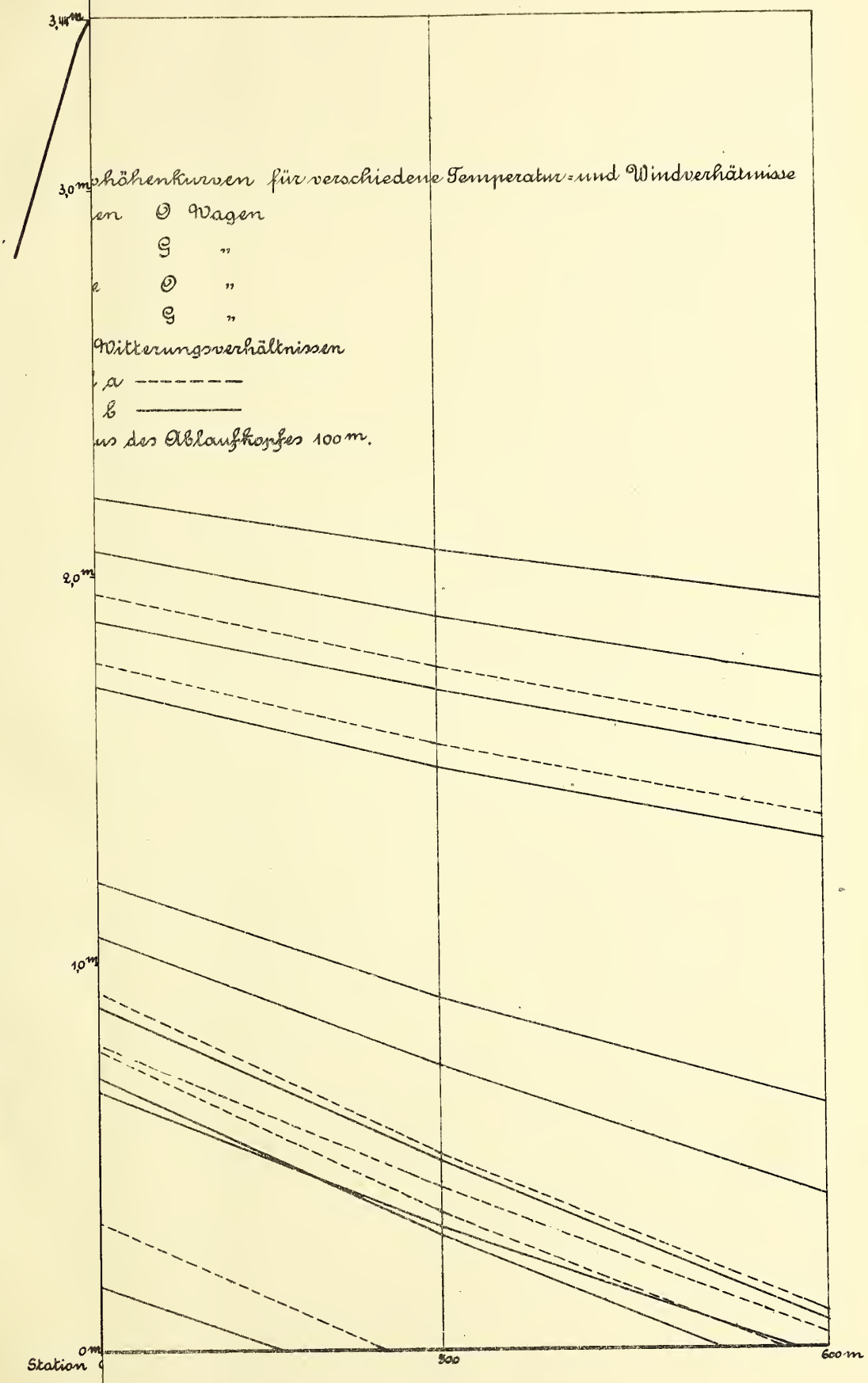


c) 3 Wagen 19,8 t + 25,3 t + 7,0 t = 52,1 t.



d) 5 Wagen 21,7 t + 23,6 t + 19,8 t + 25,3 t + 7,0 t = 97,4 t





höhenkurven für verschiedene Temperatur- und Windverhältnisse

en ☉ Wagen

☾ "

☉ "

☾ "

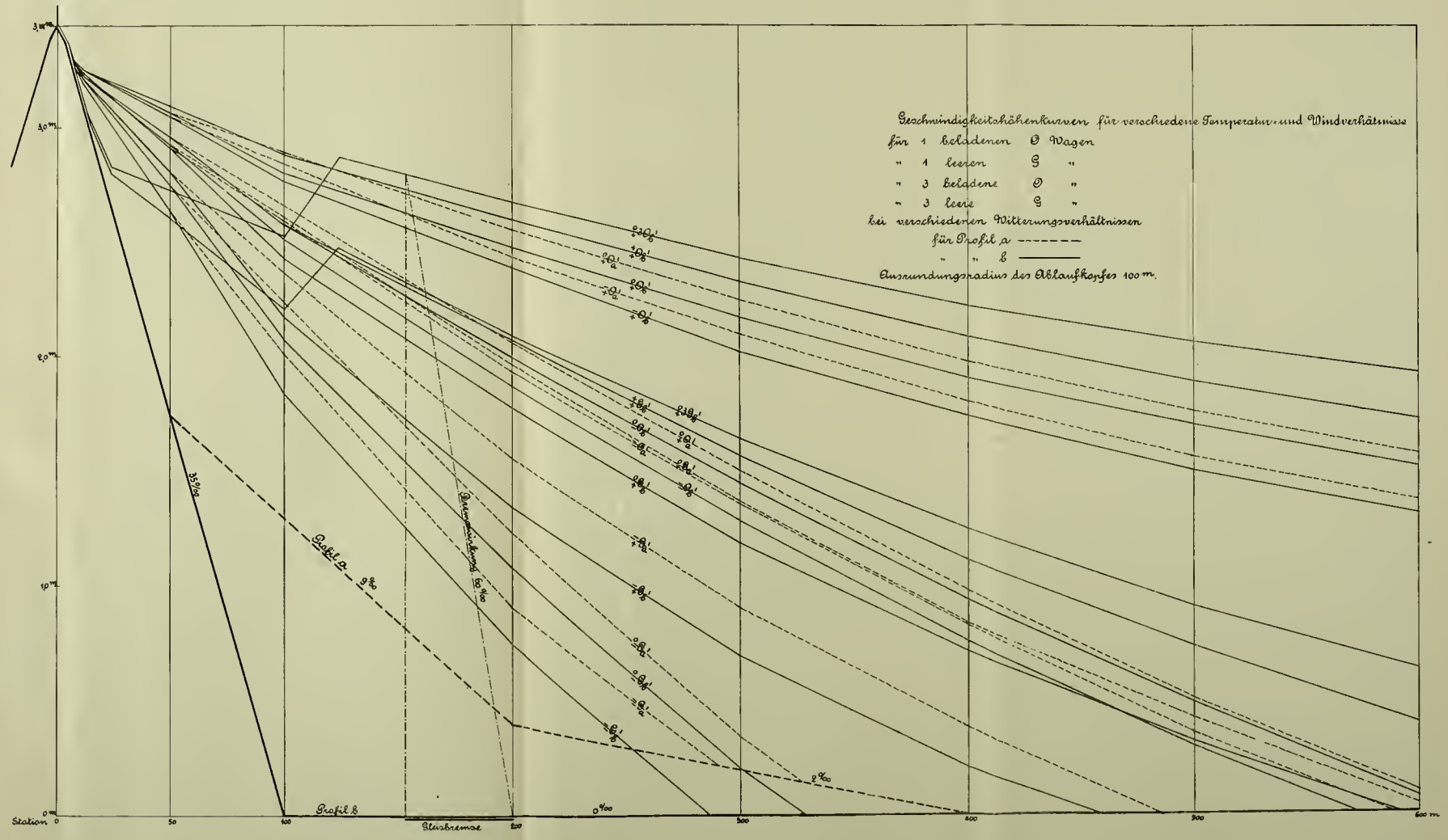
Witterungsverhältnissen

a ---

b ———

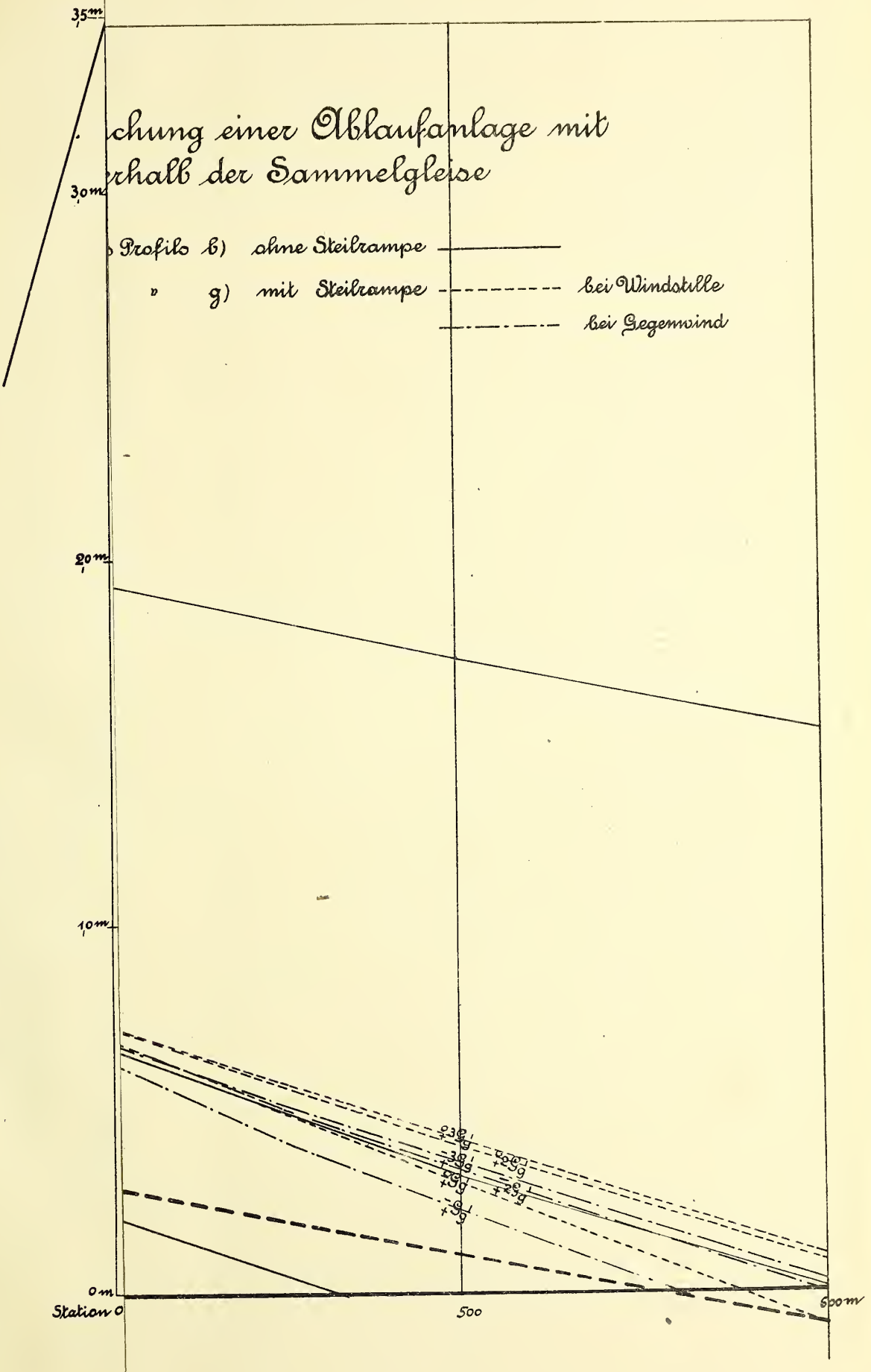
us des Ablaufkonfes 100 m.

Anlage 12.

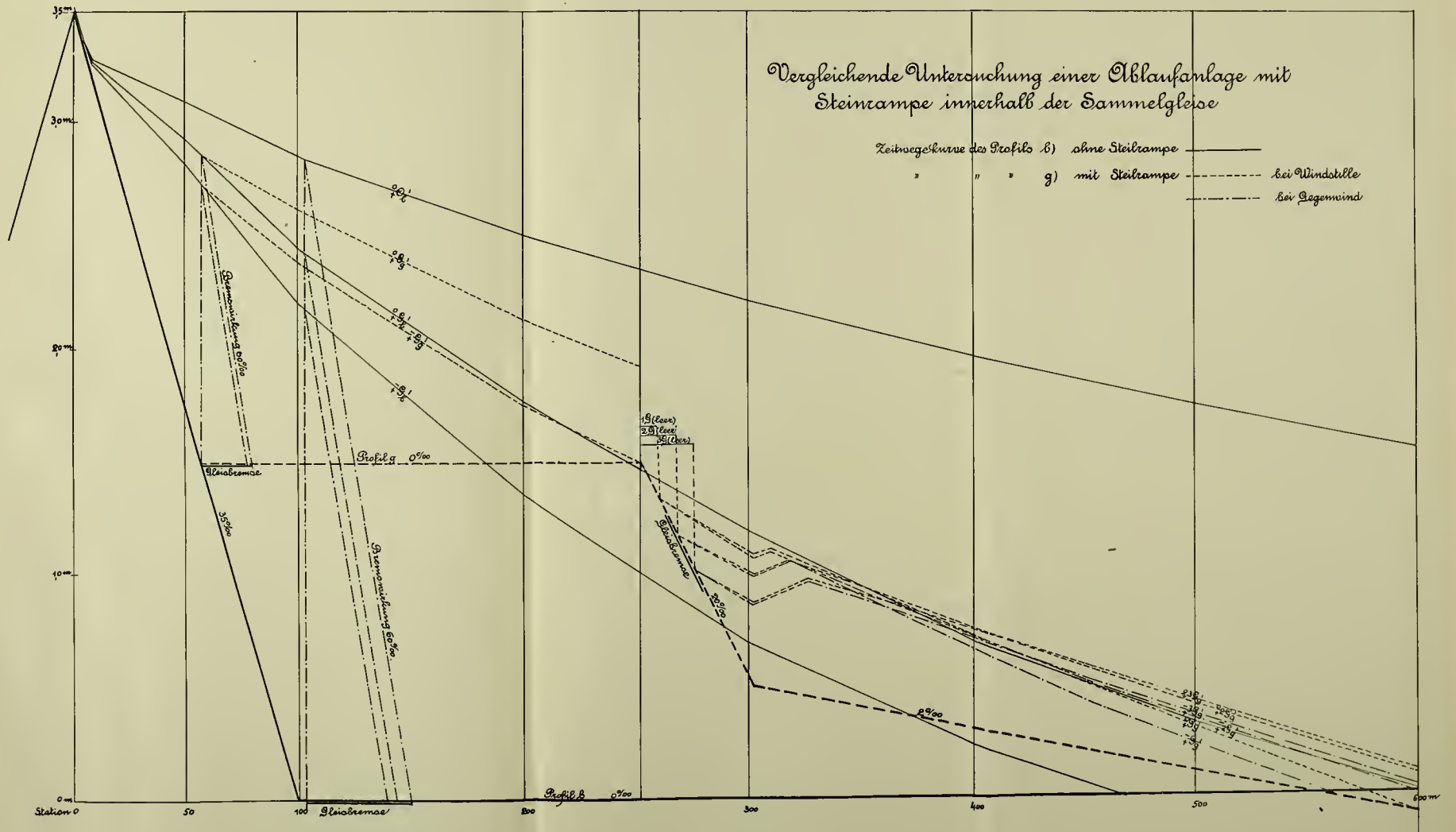


Geschwindigkeitshöhenkurven für verschiedene Temperatur- und Windverhältnisse
für 1 beladenen O Wagen
" 1 leeren G "
" 3 beladene O "
" 3 leere G "
bei verschiedenen Witterungsverhältnissen
für Profil a
" " b
Ausrundungsradius des Ablaufkopfes 100 m.
Profil a
Profil b
Gleisbremse
Station
0
50
100
200
300
400
500
600 m

Anlage 13


35m
chung einer Ablaufanlage mit
rhalb der Sammelgleise
30m
Profile b) ohne Steilrampe
g) mit Steilrampe
bei Windstille
bei Gegenwind
20m
10m
0m
Station 0
500
600m

Anlage 13.


Vergleichende Untersuchung einer Ablaufanlage mit Steinrampe innerhalb der Sammelgleise
Zeitwegeskurve des Profils b) ohne Steilrampe
" " " g) mit Steilrampe
bei Windstille
bei Gegenwind
35 m
30 m
20 m
10 m
0 m
Station 0
50
100
200
300
400
500
600 m
Profil g 0‰
Profil b 0‰
Gleisbremse
Gleisbremse
Gleisbremse
Bremsmischung 60‰
Bremsmischung 60‰
35‰
20‰
2‰
1 g (leer)
2 g (leer)
3 g (leer)

Anlage 14 (Fig a-c)

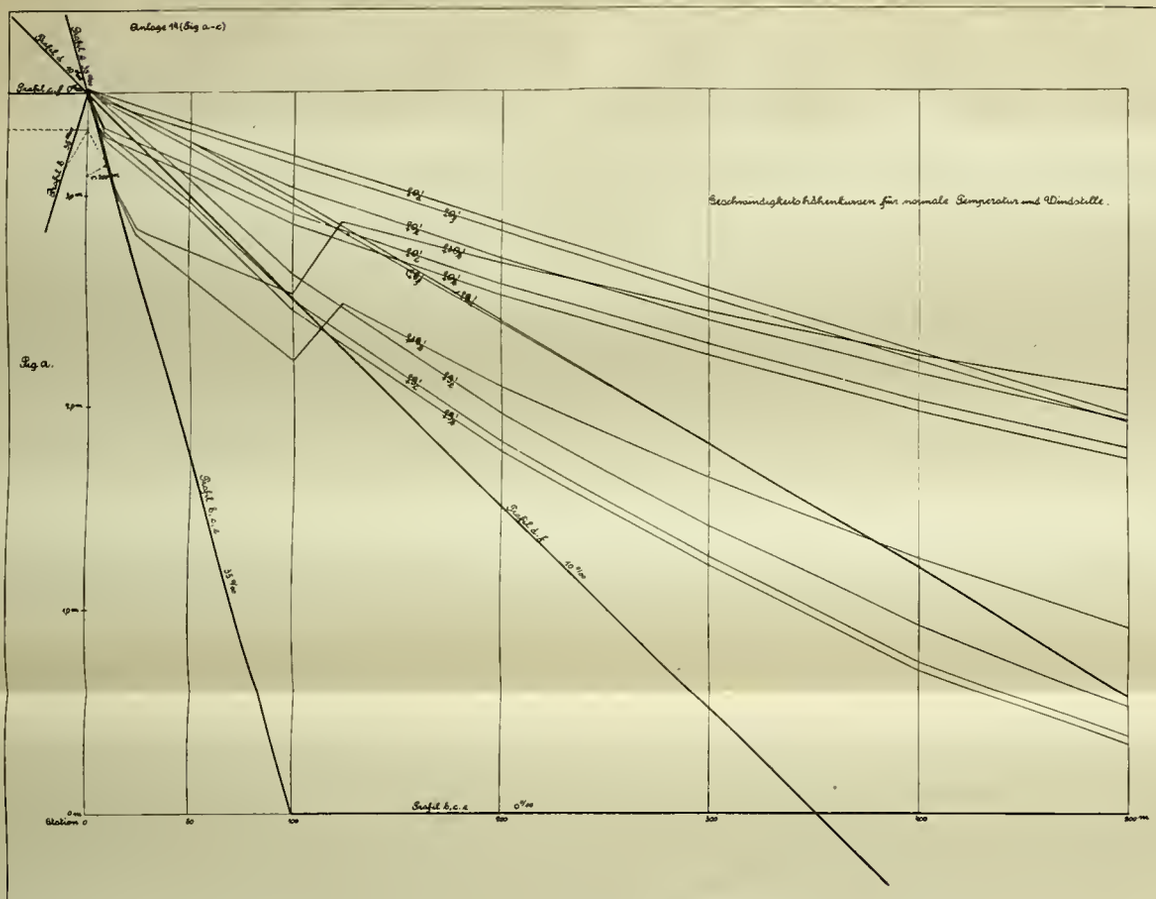


Fig a.

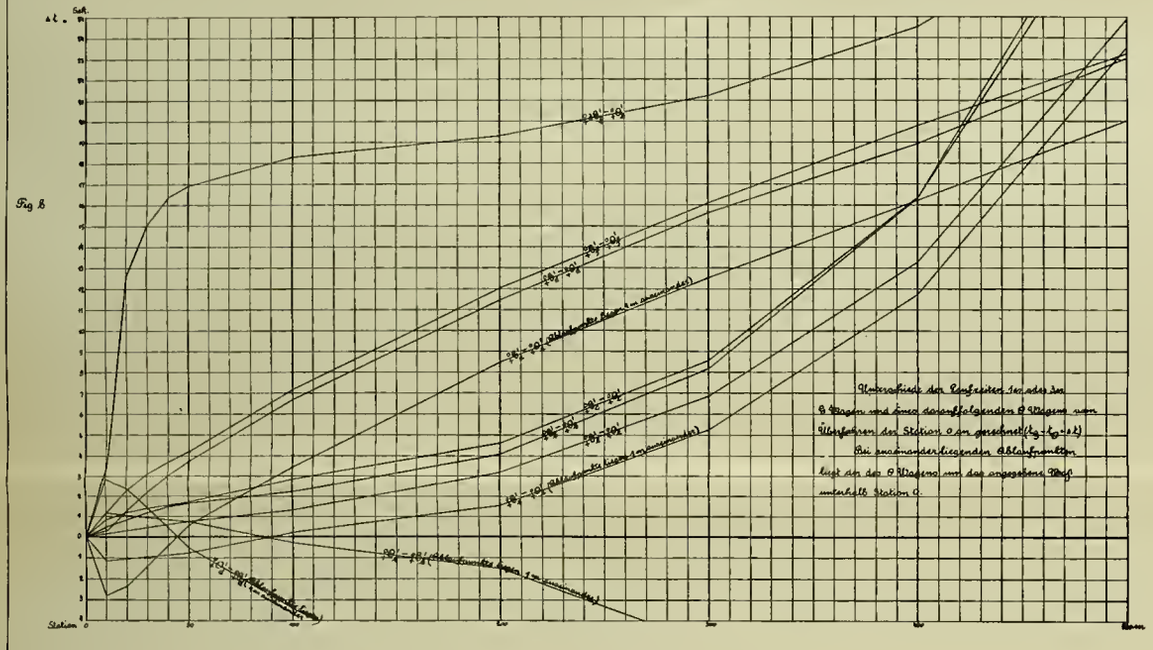


Fig b

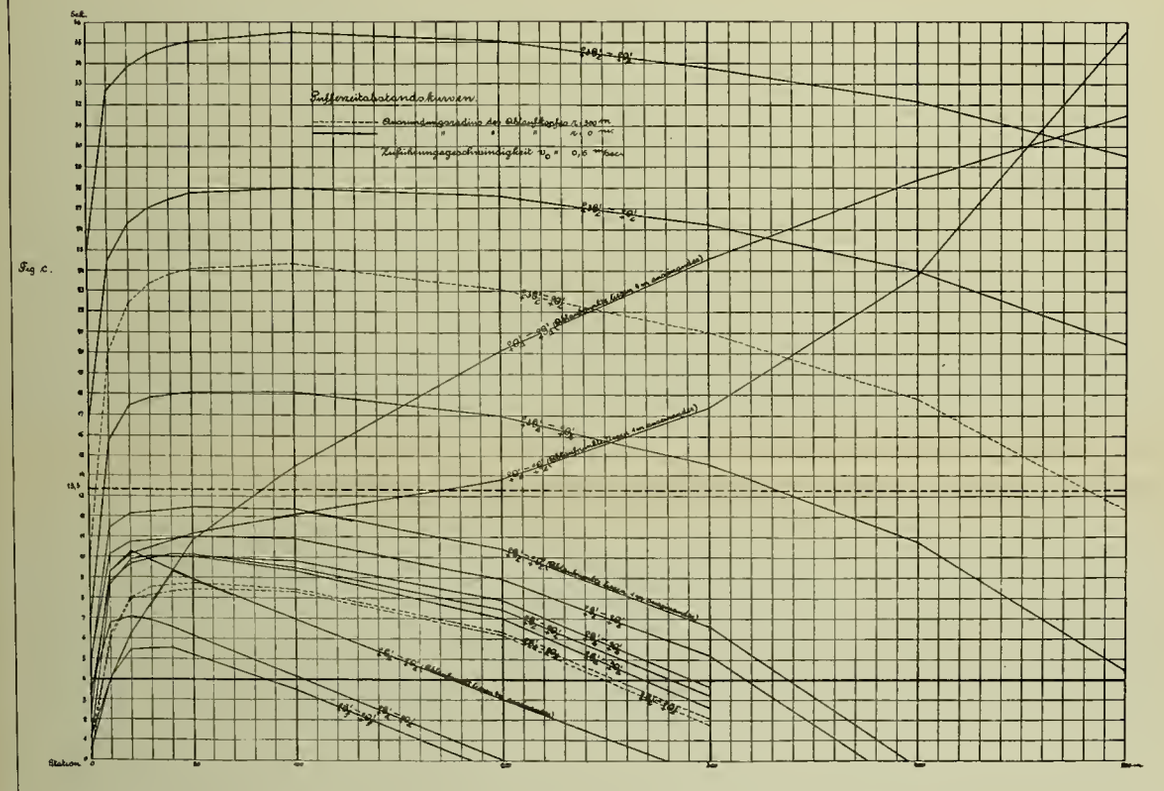


Fig c.

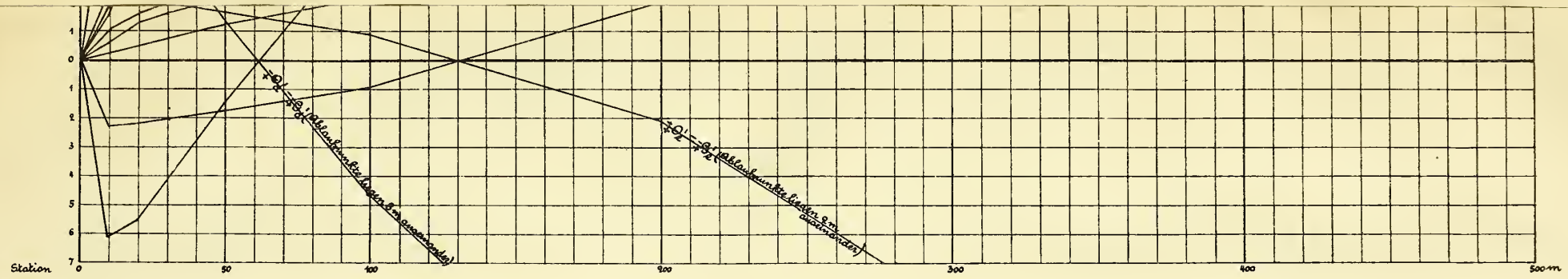
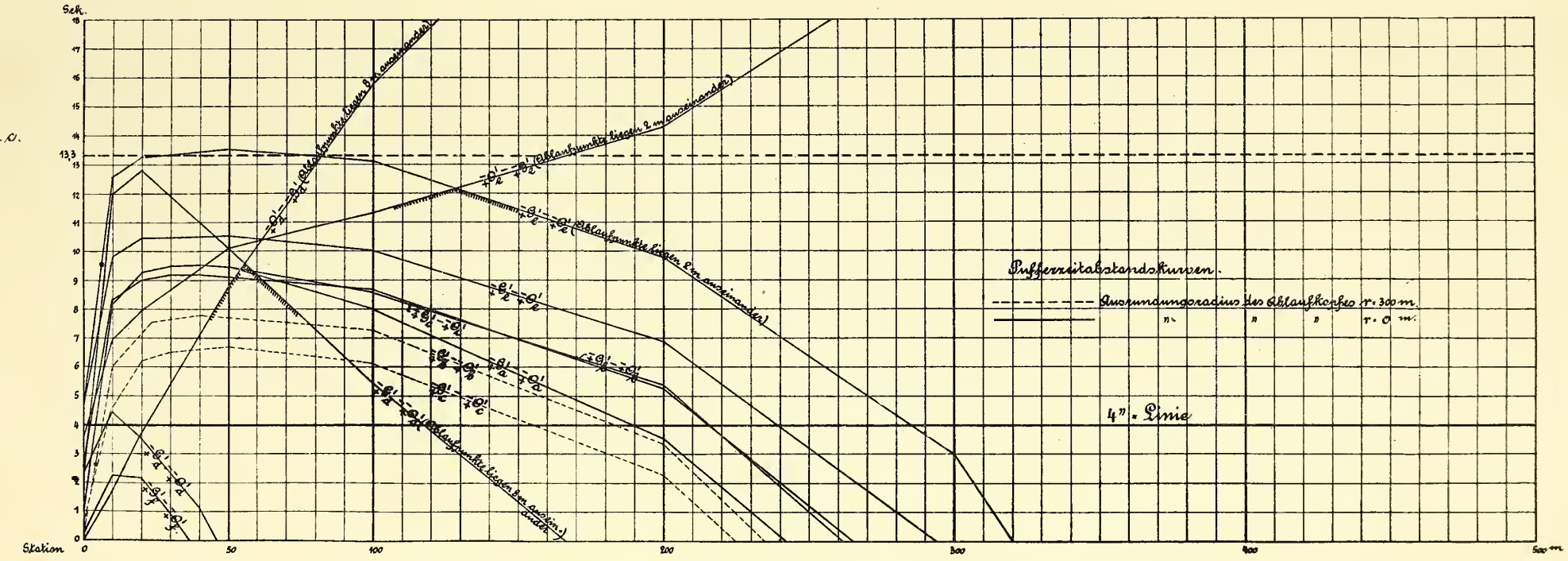

Station
0
50
100
200
300
400
500 m

Fig. 10.


Sek.
13,3
Station
0
50
100
200
300
400
500 m
Pufferzeitabstandskurven.
Ausrundungsradius des Ablaufkegels r = 300 m
" " " r = 0 m.
4" = Linie

Anlage 15 (Fig a-c)

Fig a.

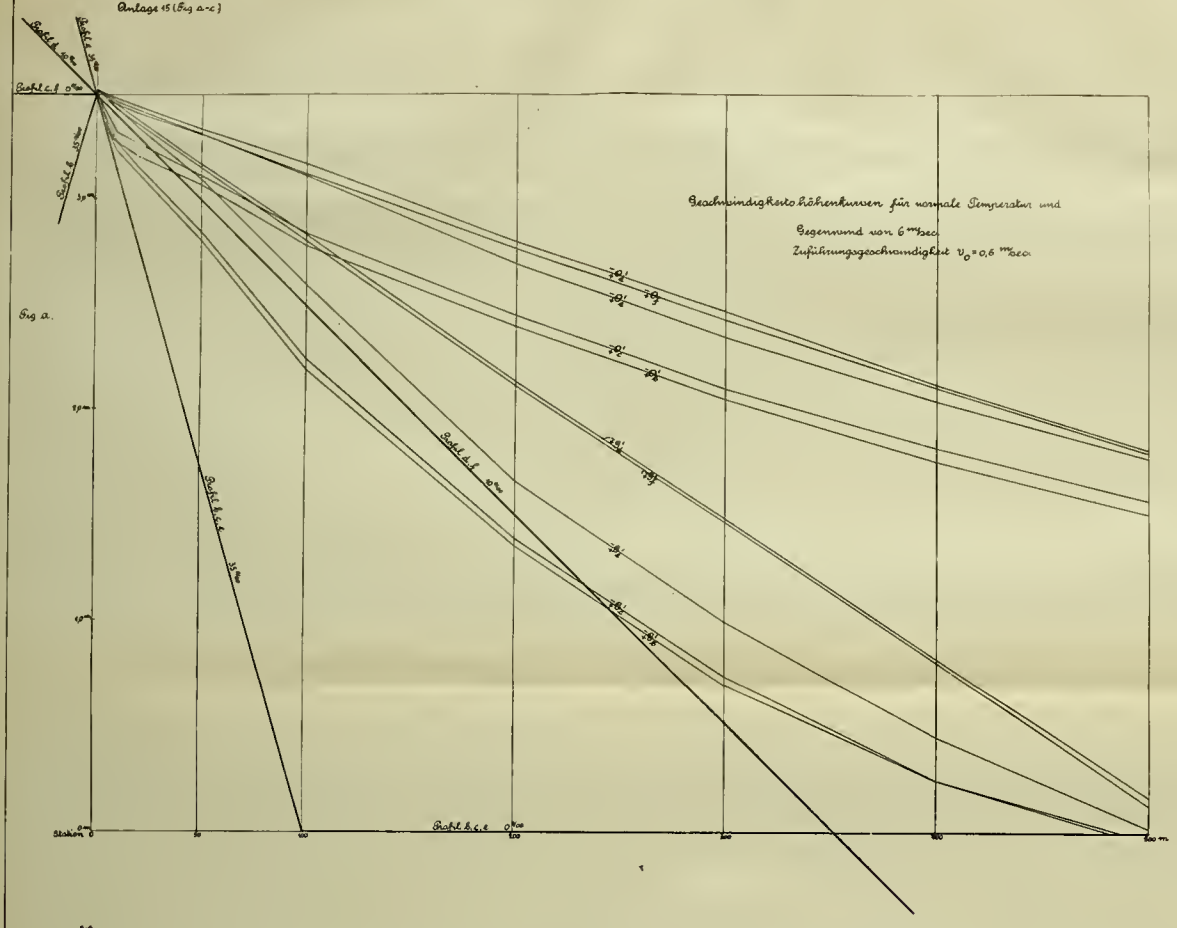


Fig b

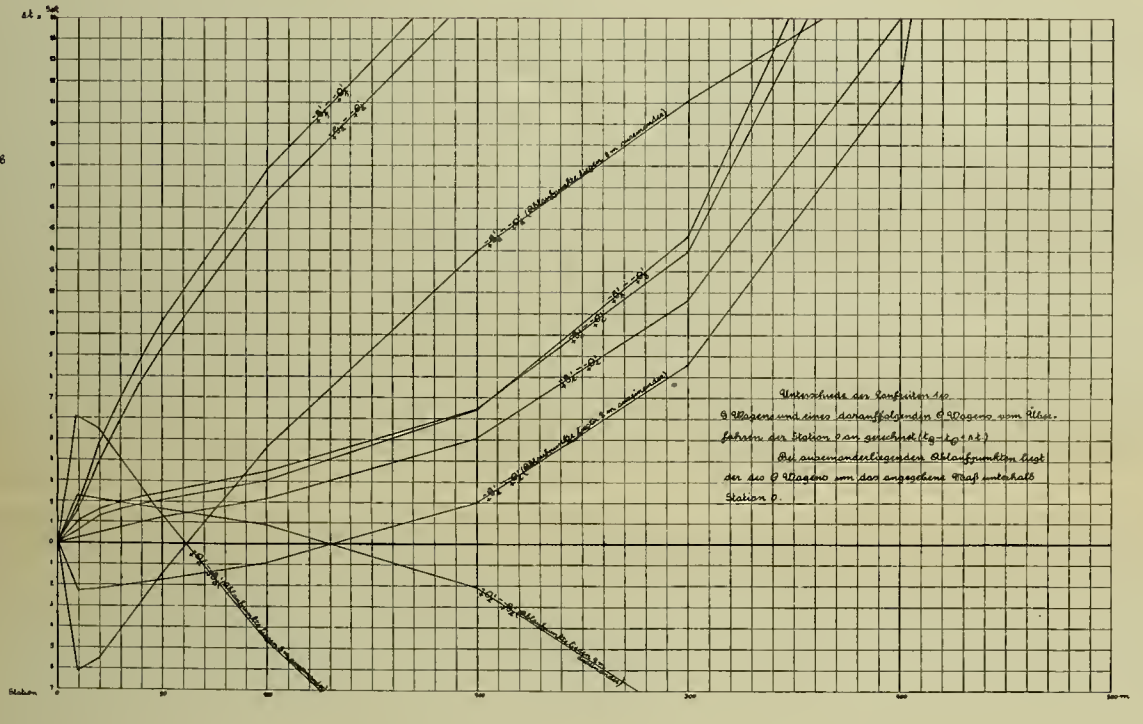
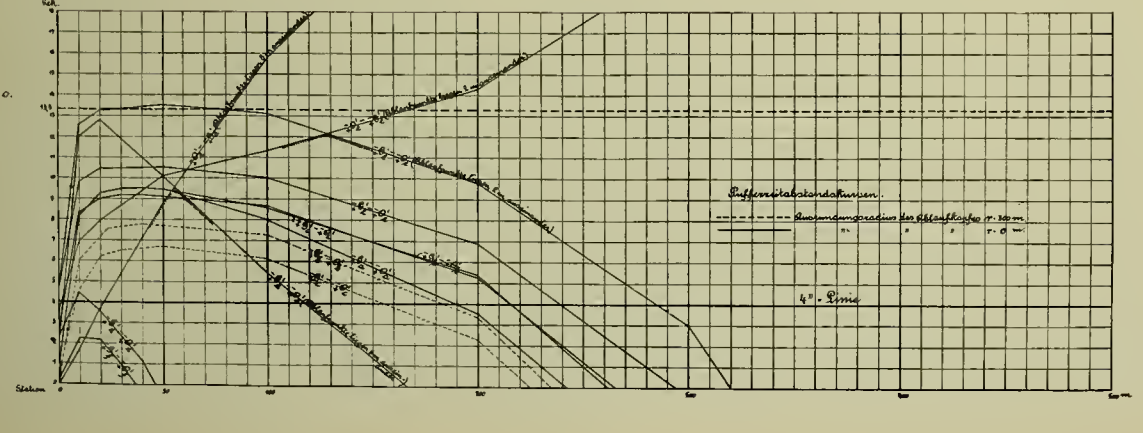
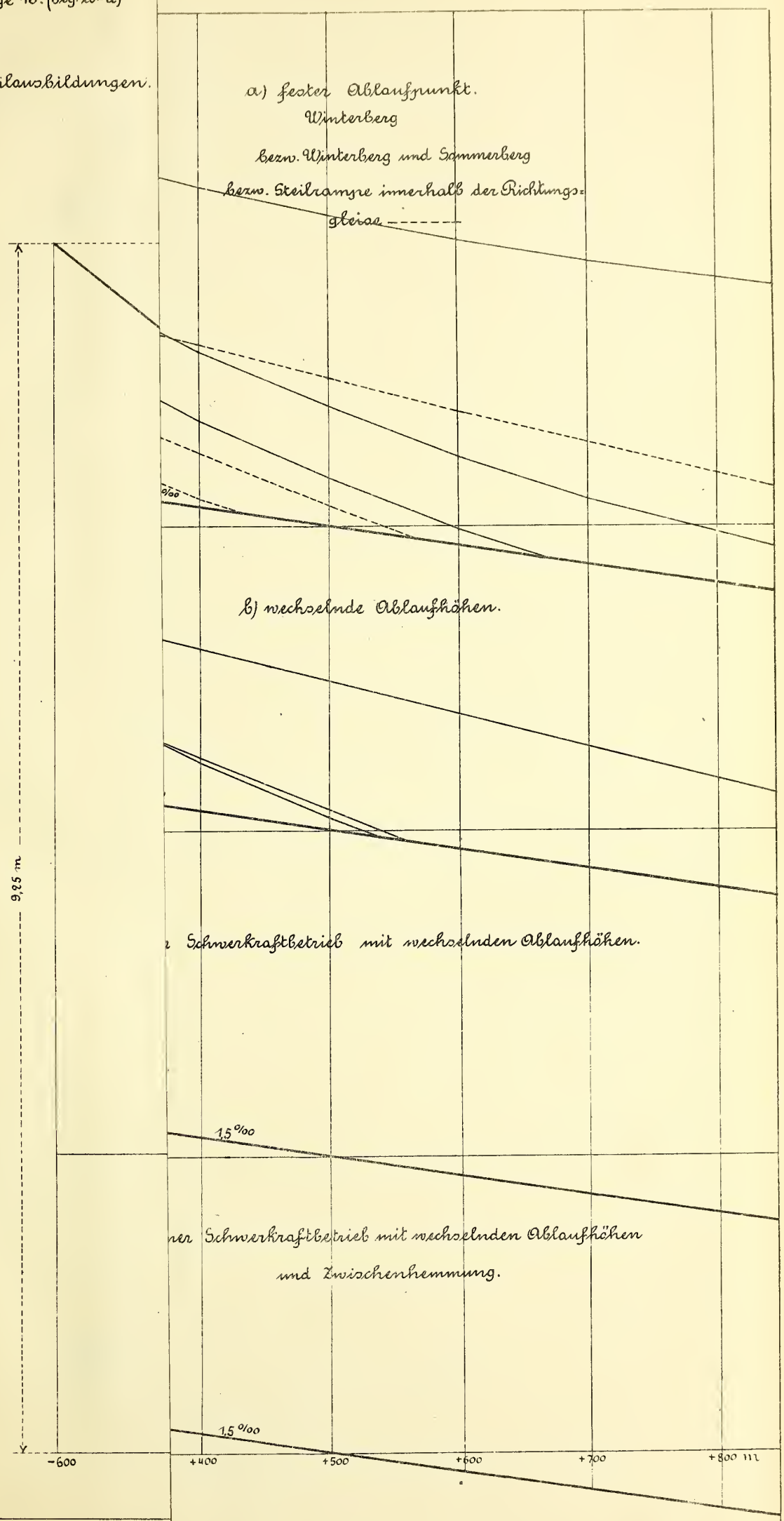


Fig c.



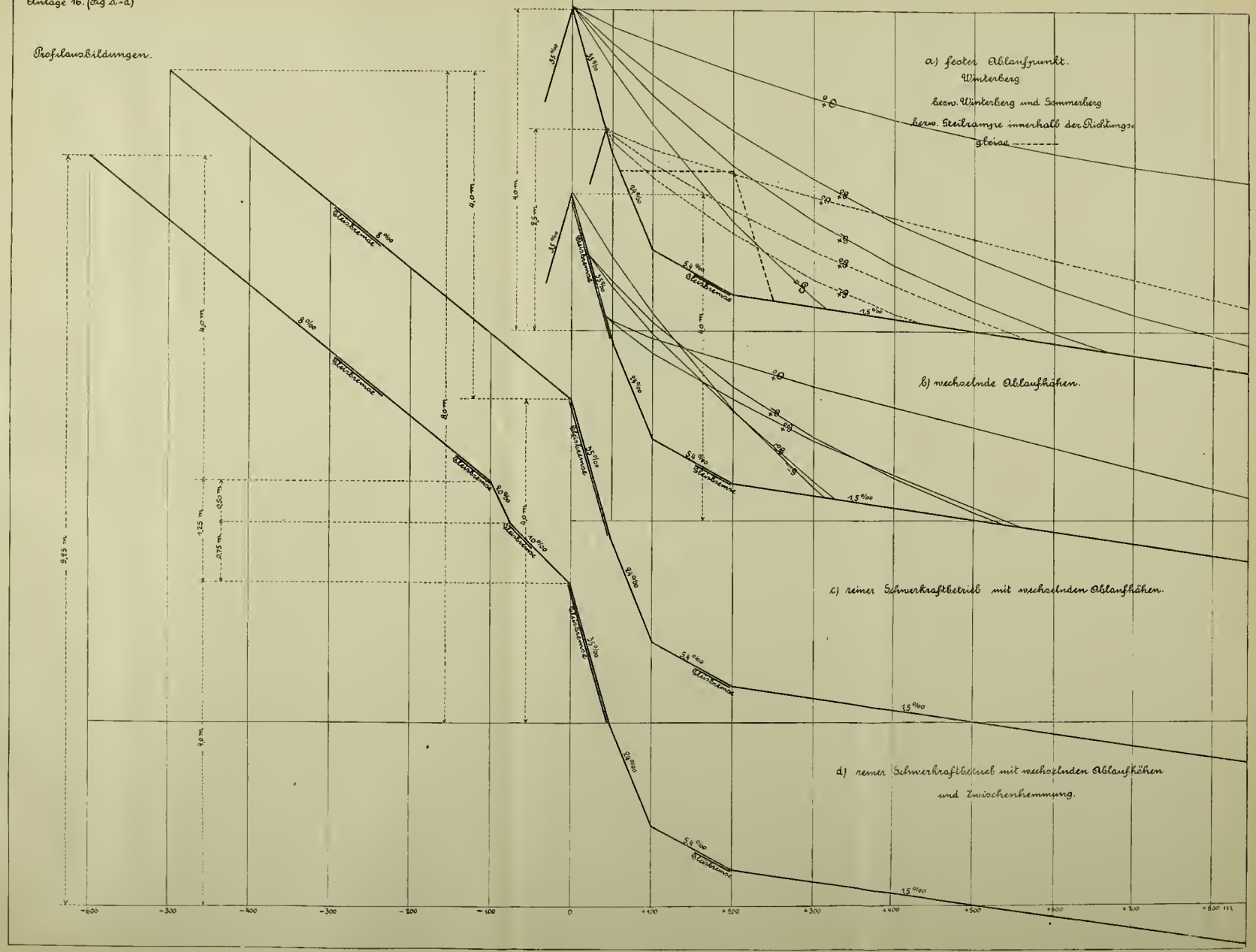
Anlage 16. (Fig. a–d)

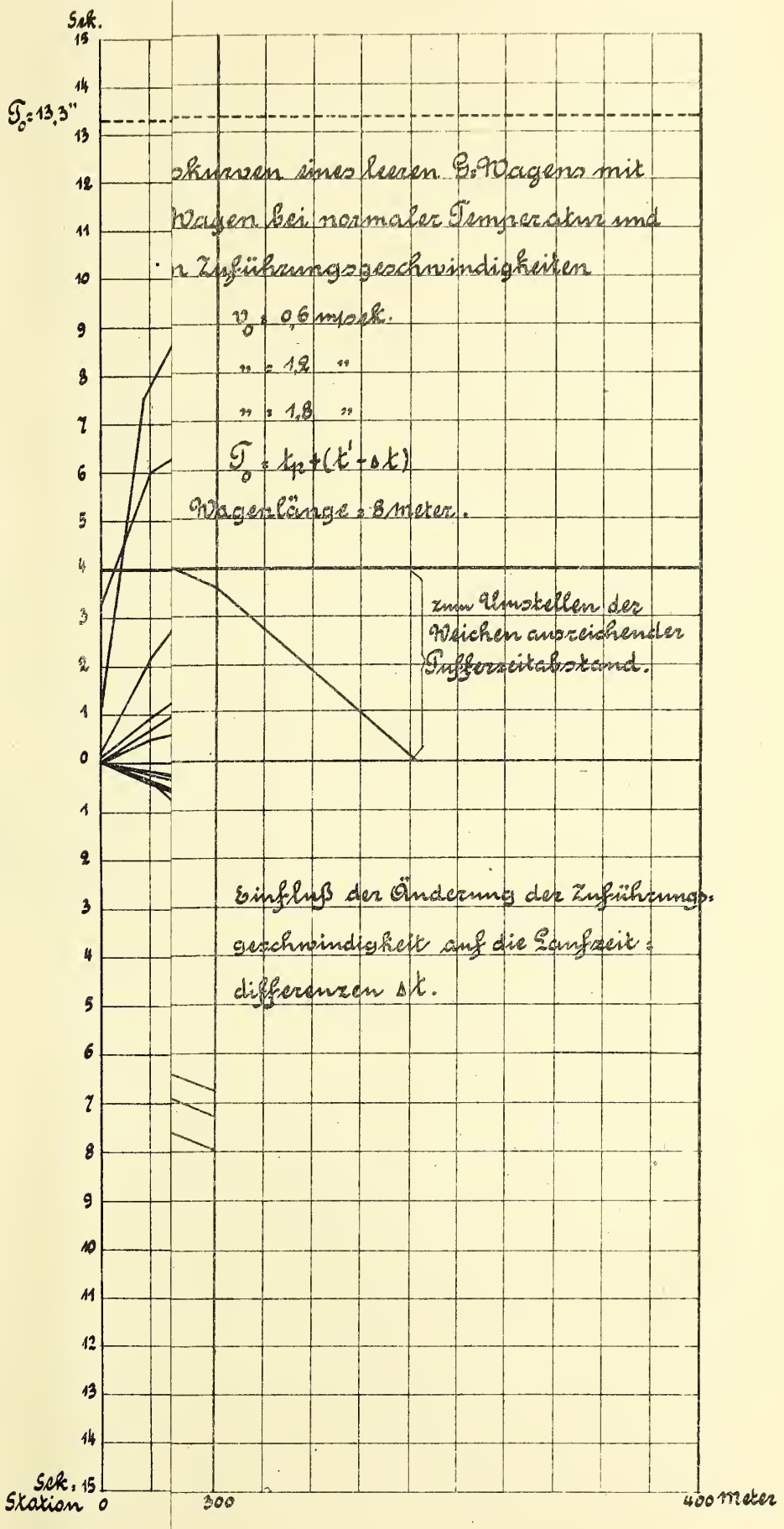
Profilausbildungen.

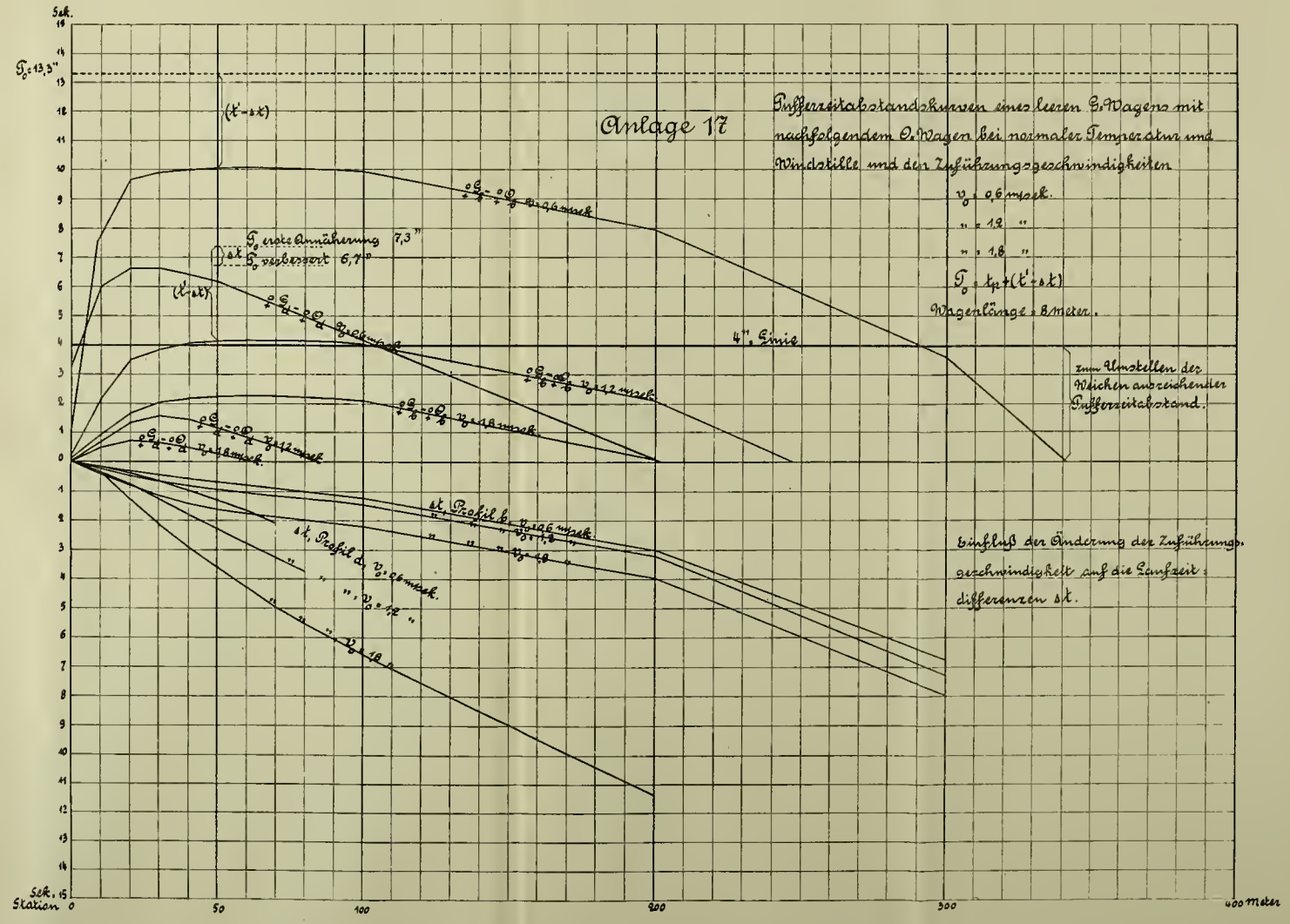


Anlage 16. (Fig a–d)

Profilausbildungen.




Sek.
15
14
$T_0 = 13{,}3''$
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
Sek. 15
Station 0
200
400 Meter
kurven eines leeren G.Wagens mit
Wagen bei normaler Temperatur und
n Zuführungsgeschwindigkeiten
$v_0 = 0{,}6$ m/sek.
" = 1,2 "
" = 1,8 "
$T_0 = t_p + (t' - \Delta t)$
Wagenlänge = 8 Meter.
zum Umstellen der
Weichen ausreichender
Pufferzeitabstand.
Einfluß der Änderung der Zuführungs-
geschwindigkeit auf die Laufzeit-
differenzen Δt.


Anlage 17
Pufferzeitabstandskurven eines leeren E.Wagens mit nachfolgendem O.Wagen bei normaler Temperatur und Windstille und der Zuführungsgeschwindigkeiten
v_0 = 0,6 m/sek.
" = 1,2 "
" = 1,8 "
$T_0 = t_p + (t' - \delta t)$
Wagenlänge = 8 Meter.
Sek.
T_0 = 13,3"
$(t' - \delta t)$
T_0 erste Annäherung 7,3"
δt
T_0 verbessert 6,7"
4"-Linie
zum Umstellen der Weichen anzeichnender Pufferzeitabstand.
δt, Profil b, v_0 = 0,6 m/sek.
δt, Profil d, v_0 = 0,6 m/sek.
Einfluß der Änderung der Zuführungsgeschwindigkeit auf die Laufzeitdifferenzen δt.
Sek.
Station
0
50
100
200
300
400 Meter

Anlage 18. Tabelle 13. **…l und technische Hilfsmittel.**

Zahl der in achtstündiger Schicht zu bearbeitenden Züge	Profil IIa normal	Profil IIa normal	Bemerkungen
	2… + 9a + 195 g · 480′	(9a + 195 g) · 480′	gemeinsame Summanden
10	+ (2a + (2a + b) · 80′ + 2000 g_1	+ (2a + 2b) · 80′ + 2000 g_1	
20	+ („) · 160′ + 4000 g_1	+ („) · 160′ + 4000 g_1	
30	+ („) · 240′ + 6000 g_1	+ („) · 240′ + 6000 g_1	
40	(„) · 320′ + 8000 g_1	+) „) · 320′ + 8000 g_1	
	1914 1914 1920	1914 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 15.
10	148 56 430	57 437	
20	152 60 459	62 475	
30	168 64 489	67 512	
40	— 68 519	72 550	
	2… (9a + 195 g) · 480′	(9a + 195g) · 480′	gemeinsame Summanden
10	+ (2a + (2a + b) · 55′ + 2000 g_1	+ (2a + 2b) · 55′ · 2000 g_1	
20	+ (+ („) · 110′ + 4000 g_1	+ („) · 110′ · 4000 g_1	
30	+ (+ („) · 165′ + 6000 g_1	+ („) · 165′ · 6000 g_1	
40	+ (+ („) · 220′ + 8000 g_1	+ („) · 220′ · 8000 g_1	
	1914 1914 1920	1914 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 15.
10	130 55 423	56 429	
20	139 59 447	60 458	
30	147 62 470	64 486	
40	157 65 494	68 515	

…l und technische Hilfsmittel.

Tabelle 14.

Zahl der in achtstündiger Schicht zu bearbeitenden Züge	Profil 4	Profil 4a	Bemerkungen
	6a · 480′	(2a + 1209) · 480	gemeinsame Summanden
2	48′ + c · 16′	+ b · 48′ + g_1 100	
4	96′ + c · 32′	+ b · 96′ + g_1 200	
6	136′ + c · 48′	+ b · 136′ + g_1 300	
10	232′ + c · 80′	+ b · 232′ + g_1 500	
14	328′ + c · 112′	+ b · 328′ + g_1 700	
18	424′ + c · 144′	+ b · 424′ + g_1 900	
	…4 1920	1914 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 14.
2	225	15 123	
4	234	16 128	
6	244	17 133	
10	263	18 143	
14	282	19 153	
18	302	20 164	
	6a · 480′	(2a + 120 g) · 480′	gemeinsame Summanden
2	32′ + c · 9′	+ b · 32′ + g_1 100	
4	64′ + c · 18′	+ b · 64′ + g_1 200	
6	96′ + c · 27′	+ b · 96′ + g_1 300	
10	160′ + c · 45′	+ b · 160′ + g_1 500	
14	224′ + c · 63′	+ b · 224′ + g_1 700	
18	228′ + c · 81′	+ b · 288′ + g_1 900	
	…4 1920	1914 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 15.
2	221	15 122	
4	227	15 125	
6	233	16 129	
10	245	16 136	
14	258	17 144	
18	270	18 151	

Anlage 18. Tabelle 13.

Zusammenstellung der unterschiedlichen Betriebskosten der 2 Hauptablaufanlagen für Personal und technische Hilfsmittel.

(45 Sammelgleise.) (Schichtdauer 8 Stunden.)

Zahl der in achtstündiger Schicht zu bearbeitenden Züge	Profil I		Profil Ia		Profil II		Profil IIa		Bemerkungen
	normal	beschleunigt	normal	beschleunigt	normal	beschleunigt	normal	normal	
Fall A. Einzelabläufe.									
10	25 a · 480′ + (2 a + b + d) · 140′	25 a · 480′ + (2 a + 2 b + 2 d) · 140′	(9 a + 125) · 480′ + (2 a + b + d) 140′ + 1000 g_1	(9 a + 125 g) · 480′ + (2 a + 2 b + 2 d) 140′ + 1000 g_1	28 a · 480′ + (2 a + b) · 80′	31 a · 480′ + (2 a + 2 b) · 80′	+ 9 a + 195 g · 480′ + (2 a + b) · 80′ + 2000 g_1	(9 a + 195 g) · 480′ + (2 a + 2 b) · 80′ + 2000 g_1	gemeinsame Summanden
20	+ „ · 280′	+ („) · 280′	+ („) 280′ + 2000 g_1	+ („) 280′ + 2000 g_1	+ („) · 160′	+ („) · 160′	+ („) · 160′ + 4000 g_1	+ („) · 160′ + 4000 g_1	
30	+ „ · 420′	+ („) · 420′	+ („) 420′ + 3000 g_1	+ („) 420′ + 3000 g_1	+ („) · 240′	+ („) · 240′	+ („) · 240′ + 6000 g_1	+ („) · 240′ + 6000 g_1	
40	—	—	—	—	+ („) · 320′	+ („) · 320′	+ („) · 320′ + 8000 g_1	+ („) · 320′ + 8000 g_1	
	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 15.
10	148 | 1050	150 | 1181	65 | 480	79 | 611	137 | 1020	152 | 1147	56 | 430	57 | 437	
20	152 | 1200	178 | 1462	82 | 635	108 | 897	140 | 1039	156 | 1175	60 | 459	62 | 475	
30	168 | 1350	208 | 1745	99 | 790	138 | 1183	142 | 1059	160 | 1202	64 | 489	67 | 512	
40	— | —	— | —	— | —	— | —	144 | 1079	162 | 1250	68 | 519	72 | 550	
Fall B. Gruppenabläufe.									
10	25 a · 480′ + (2 a + b + d) · 80′	25 a · 480′ + (2 a + 2 b + 2 d) · 80′	(9 a · 125 g) · 480′ + (2 a + b + d) · 80′ + 1000 g_1	(9 a · 125 g) · 480′ + (2 a + 2 b + 2 d) · 80′ + 1000 g_1	28 a · 480′ + (2 a + b) · 55′	31 a · 480′ + (2 a + 2 b) · 55′	(9 a + 195 g) · 480′ + (2 a + b) · 55′ + 2000 g_1	(9 a + 195 g) · 480′ + (2 a + 2 b) · 55′ · 2000 g_1	gemeinsame Summanden
20	+ („) · 160′	+ („) · 160′	+ („) · 160′ + 2000 g_1	+ („) · 160′ + 2000 g_1	+ („) · 110′	+ („) · 110′	+ („) · 110′ + 4000 g_1	+ („) · 110′ · 4000 g_1	
30	+ („) · 240′	+ („) · 240′	+ („) · 240′ + 3000 g_1	+ („) · 240′ + 3000 g_1	+ („) · 165′	+ („) · 165′	+ („) · 165′ + 6000 g_1	+ („) · 165′ · 6000 g_1	
40	+ („) · 320′	+ („) · 320′	+ („) · 320′ + 4000 g_1	+ („) · 320′ + 4000 g_1	+ („) · 220′	+ („) · 220′	+ („) · 220′ + 8000 g_1	+ („) · 220′ · 8000 g_1	
	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 15.
10	130 | 986	137 | 1060	59 | 416	74 | 490	136 | 1014	151 | 1139	55 | 423	56 | 429	
20	139 | 1072	153 | 1220	69 | 507	100 | 655	138 | 1027	153 | 1158	59 | 447	60 | 458	
30	147 | 1158	170 | 1380	79 | 598	125 | 820	140 | 1041	156 | 1177	62 | 470	64 | 486	
40	157 | 1244	187 | 1540	88 | 689	151 | 985	141 | 1054	158 | 1196	65 | 494	68 | 515	

Tabelle 14.

Zusammenstellung der unterschiedlichen Betriebskosten der 4 Nebenablaufanlagen für Personal und technische Hilfsmittel.

(10 Sammelgleise.) (Betriebsdauer 8 Stunden.)

Zahl der in achtstündiger Schicht zu bearbeitenden Züge	Profil 1	Profil 2	Profil 2 a	Profil 3	Profil 3 a	Profil 4	Profil 4 a	Bemerkungen
Fall A. Einzelabläufe.								
2	3 a · 480′ + (b + c + d) · 175′	4 a · 480′ + (b + c + d) · 100′	(3 a + 24 g) · 480′ + (b + c + d) · 100′ + g_1 100	6 a + 480′ + b · 62′ + (c + d) · 30′	(3 a + 90 g) · 480′ + b · 62′ + (c + d) · 30′ + g_1 100	6 a · 480′ + b · 48′ + c · 16′	(2 a + 1209) · 480 + b · 48′ + g_1 100	gemeinsame Summanden
4	+ („) · 350′	+ („) · 200′	+ („) · 200′ + g_1 200	+ b · 124′ + („) · 60′	+ b · 124′ + („) · 60′ + g_1 200	+ b · 96′ + c · 32′	+ b · 96′ + g_1 200	
6	—	+ („) · 300′	+ („) · 300′ + g_1 300	+ b · 186′ + („) · 90′	+ b · 186′ + („) · 90′ + g_1 300	+ b · 136′ + c · 48′	+ b · 136′ + g_1 300	
10	—	—	—	+ b · 310′ + („) · 150′	+ b · 310′ + („) · 150′ + g_1 500	+ b · 232′ + c · 80′	+ b · 232′ + g_1 500	
14	—	—	—	+ b · 434′ + („) · 210′	+ b · 434′ + („) · 210′ + g_1 700	+ b · 328′ + c · 112′	+ b · 328′ + g_1 700	
18	—	—	—	—	—	+ b · 424′ + c · 144′	+ b · 424′ + g_1 900	
	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 14.
2	38 | 328	33 | 269	50 | 233	33 | 256	23 | 183	30 | 225	15 | 123	
4	62 | 546	46 | 394	45 | 359	37 | 297	27 | 224	31 | 254	16 | 128	
6	— | —	60 | 519	56 | 483	42 | 369	33 | 265	32 | 244	17 | 133	
10	— | —	— | —	— | —	51 | 419	41 | 346	35 | 263	18 | 143	
14	— | —	— | —	— | —	60 | 500	50 | 428	37 | 282	19 | 153	
18	— | —	— | —	— | —	— | —	— | —	40 | 302	20 | 164	
Fall B. Gruppenabläufe.								
2	3 a · 480′ + (+ b + c + d) · 88′	4 a · 480′ + (b + c + d) · 72′	(3 a + 24 g) · 480′ + (b + c + d) · 72′ + g_1 100	6 a · 480′ + b 40′ + (c + d) · 15′	(3 a + 90 g) · 480′ + b 40′ + (c + d) · 16′ + g_1 100	6 a · 480′ + b · 32′ + c · 9′	(2 a + 120 g) · 480′ + b · 32′ + g_1 100	gemeinsame Summanden
4	(+ „) · 176′	+ („) · 144′	+ („) · 144′ + g_1 200	+ b 80′ + („) · 32′	+ b 80′ + („) · 32′ + g_1 200	+ b · 64′ + c · 18′	+ b · 64′ + g_1 200	
6	(+ „) · 264′	+ („) · 216′	+ („) · 216′ + g_1 300	+ b 120′ + („) · 48′	+ b 120′ + („) · 48′ + g_1 300	+ b · 96′ + c · 27′	+ b · 96′ + g_1 300	
10	—	+ („) · 360′	+ („) · 360′ + g_1 500	+ b 200′ + („) · 80′	+ b 200′ + („) · 80′ + g_1 500	+ b · 160′ + c · 45′	+ b · 160′ + g_1 500	
14	—	—	—	+ b 280′ + („) · 112′	+ b 280′ + („) · 112′ + g_1 700	+ b · 224′ + c · 63′	+ b · 224′ + g_1 700	
18	—	—	—	+ b 360′ + („) · 144′	+ b 360′ + („) · 144′ + g_1 900	+ b · 228′ + c · 81′	+ b · 288′ + g_1 900	
	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	1914 | 1920	Die in achtstündiger Schicht entstehenden unterschiedlichen Betriebskosten in Mark unter Zugrundelegung der Einheitskosten aus Tabelle 15.
2	26 | 218	29 | 234	25 | 207	29 | 257	21 | 165	29 | 221	15 | 122	
4	38 | 328	39 | 324	35 | 298	30 | 259	25 | 187	30 | 227	15 | 125	
6	50 | 438	49 | 414	45 | 388	31 | 281	25 | 210	31 | 233	16 | 129	
10	— | —	68 | 594	65 | 569	32 | 326	30 | 255	32 | 245	16 | 136	
14	— | —	— | —	— | —	34 | 370	33 | 300	34 | 258	17 | 144	
18	— | —	— | —	— | —	35 | 415	40 | 346	35 | 270	18 | 151	

Anlage

des P

Lfde. Nr.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Anlage 18. Tabelle 19.

Unterschiedlicher Bedarf an Personal, Lokomotiven und Bremsmitteln des Rangierbahnhofs Karlsruhe (Zustand 1909) Fig. 33 und einer Rangieranlage gemäß Fig. 32 ohne Gleisbremsen, mit Gleisbremsen.

(Achtstündige Dienstschicht.)

		I			II					III					
		Karlsruhe Figur 33			Rangieranlage gemäß Figur 32 ohne Gleisbremsen					mit Gleisbremsen					Bemerkungen
		Gleisgruppe			Gleisgruppe					Gleisgruppe					
Lfde. Nr.	Kostenwerte	C	A	E	A	B	C	F	D	A	B	C	F	D	
		23	15	5	5	14	12	10	10	3	14	12	10	10	Zahl der Gleise.
1	Rangierleiter	3	3	3	—	3	—	3	3	—	3	—	3	3	
2	Rangierodleute	18	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	Radschuhlegerodleute	6	3	—	—	6	3	3	3	—	—	—	—	—	
4	Rangierer	18	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	Rückenbremser	9	3	—	—	6	6	—	9	—	—	—	—	—	
6	Gleisbremser	6	—	—	—	—	—	—	3	—	3	6	3	3	
7	Radschuhleger	48	15	9	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	
8	Zulaufbremser	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	Vorlegebremser	—	—	—	—	18	15	12	—	—	6	6	6	6	
10	Ablasser	—	—	—	—	6	6	6	—	—	—	—	—	—	
11	Lfdm. Vorbremse	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2×15	2×15	1×10	2×15	Die Bremsmittel unter I und II sind in die Einheitssätze der Bremsmittel unter III hineingerechnet. (Vergleiche Seite 66, Tabelle 15.)
12	„ Gipfelbremse	—	—	—	—	—	—	—	—	1×20	—	—	—	1×20	
13	„ Haltebremse (Zulauf)	—	—	—	—	—	—	—	—	3×15	—	—	6×10	—	
14	Stück Hemmschuhgleisbremsen (Fig. 1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	12	4	—	
15	Stellwerkswärter	51			33					33					
16	Rangierlokomotivstunden einschließlich Lokomotivpersonal	8 Lokomotiven = 192 Lokomotivstd. täglich = 57 600 Lokomotivstunden jährlich			1 Lokomotive = 24 Lokomotivstunden täglich = 7200 Lokomotivstunden jährlich					1 Lokomotive = 24 Lokomotivstunden täglich = 7200 Lokomotivstunden jährlich					Jährliche Einheitskosten aus Tab. 15 in Mark: 1914 / 1920
17	Untere Beamte (Lfd. Nr. 1 und 15)	60			42					42					2075 / 14 000
18	Arbeiter (Lfd. Nr. 2 bis 14)	147			129					39					1800 / 11 100
19	Stück Gleisbremsen (Figur 12) durchschnittliche Länge 15 m	—			—					16					1510 / 11 250
20	Stück Hemmschuhgleisbremsen (Fig. 1)	—			—					30					225 / 2 250
21	Lokomotivstunden	57 600			7200					7200					5 Std. / 50 Std.
		Unterschiedliche Betriebskosten in 1000 Mark													
		1914	1920		1914		1920			1914		1920			
22	Zu lfd. Nr. 17	125	840		87		589			87		539			
23	„ „ „ 18	264	1630		232		1430			70		433			
24	„ „ „ 19	—	—		—		—			24		180			
25	„ „ „ 20	—	—		—		—			7		67			
26	„ „ „ 21	288	2880		36		360			36		360			
27	Zusammen	677	5350		355		2379			224		1579			

Personalverminderung ausschließlich der Stellwerkswärter (Fall II gegen I) 18 Arbeiter bei 3000 Wagen täglich)

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 073421171